

"De Watermachine"

**Basiswaterlopenplan De Grootte
Wielen**


Gemeente 's-Hertogenbosch

Ingenieursbureau

12 december 2000
110501/ZF0/907/000286

Colofon

Opdrachtgever: Gemeente 's-Hertogenbosch
Project: Watermachine 'De Groote Wielen'
Rapportnummer: 110501/ZF0/907/000286
Projectleider: ing. P. Petter
Opsteller: ir. D.W. Bakker
ing. M.P.J.M. de Bruin
ir. L.C.N. Gerner
ing. T.S. Mollema
Datum: 12 december 2000
Projectnummer: X.110501.000286
Status: **Definitief rapport**

Autorisatie	Naam	Paraaf	Datum
Adviseur	ing. F.M.J. van der Heijden		12 december 2000

ARCADIS Heidemij Advies BV
Zuiderparkweg 284
Postbus 1018, 5200 BA 's-Hertogenbosch
Telefoon 073-6 80 92 11
Telefax 073-6 14 46 06

Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doelstellingen	5
1.3	Leeswijzer	6
2	De Watermachine	7
2.1	Beschrijving systeem	7
2.2	Hoogteligging systeemonderdelen	7
2.3	Uitgangspunten	9
3	Dimensionering watersysteem	10
3.1	Inleiding	10
3.2	Dimensionering oppervlaktewatersysteem	10
3.2.1	Hoge Ring	10
3.2.2	Koppelsloten	12
3.2.3	Lage Ring	14
3.2.4	Kunstwerken	15
3.3	Dimensionering Retentiebekkens en Goten	17
3.3.1	Retentiebekkens	17
3.3.2	Gootconstructies	19
3.4	Dimensionering Helofytenfilter en Moeraszone	20
4	Waterkwaliteit	21
4.1	Inleiding	21
4.2	Uitgangspunten en randvoorwaarden voor modelberekeningen	22
4.3	Verspreiding overstortwater in de ‘Grote Wielen’	22
4.4	Zuurstof	23
4.4.1	Modelbeschrijving van de zuurstofhuishouding (zonder Helofytenfilter)	23
4.4.2	Randvoorwaarden voor het Helofytenfilter	24
4.5	Nutriënten	25
4.5.1	Keuze voor massabalans	25
4.5.2	Randvoorwaarden	25
4.5.3	Resultaten	26
4.6	Bacteriën	26
4.7	Conclusies	27
4.7.1	Verspreiding overstortwater Rosmalen	27
4.7.2	Zuurstofhuishouding	28
4.7.3	Nutriëntenhuishouding	28
4.7.4	Bacteriën	29
4.7.5	Toets zwemwaterkwaliteit	29
5	Ontwerpuitgangspunten Helofytenfilter en Moeraszone	30
5.1	Inleiding	30
5.2	Dimensionering Helofytenfilter	30
5.2.1	Inrichtingsaspecten	32

5.2.2	Beheeraspecten	32
5.3	Dimensionering Moeraszone	33
5.4	Conclusie en aanbevelingen	34
Bijlage 1	Basisdocument	36
Bijlage 2	Watersysteem	37
Bijlage 3	Waterkwantiteitsberekeningen	38
Bijlage 4	Waterkwaliteitsgegevens	39
Bijlage 5	Resultaten Waterkwaliteitsmodellering	41
Bijlage 6	Gootconstructies	42
Bijlage 7	MTR-normen Vierde Nota Waterhuishouding	44
Bijlage 8	Normen voor de zwemwaterkwaliteit	46
Bijlage 9	Retentiebekken	48
Bijlage 10	Overzichtstekening	49

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De gemeente 's-Hertogenbosch is voornemens om ten noordoosten van de stad de bouw van circa 5.500 woningen te realiseren. In deze uitbreidingslocatie die in totaal ongeveer 300 hectare groot is, neemt het waterbeheer een belangrijke positie in. Door toepassing van onder meer het concept 'duurzaam stedelijk waterbeheer' probeert de gemeente een hoogwaardige omgevingskwaliteit te realiseren.

Voor de waterbeheersing is een circulatiesysteem ontwikkeld, de zogenaamde "Watermachine".

De Watermachine is de drager van de ruimtelijke structuur van De Groote Wielen. De ligging nabij het stroomgebied van de Maas onderstreept het belang van een gedegen plan voor de toekomstige waterhuishouding. Immers, duurzaam is eveneens veilig. Het watersysteem bestaat globaal uit de volgende onderdelen: Centrale Plas, Opvoergemaal Hoge Ring, Hoge Ring, Retentiebekkens, Koppelsloten, Lage Ring, Moeraszone en een Helofytenfilter.

Ten tijde van de realisering van de uitbreidingslocatie dienen zich wellicht tal van partijen aan die zich zullen bezighouden met de definitieve inrichting van het plangebied. Om het kwaliteitsniveau, dat met betrekking tot het watersysteem voor ogen staat, te kunnen garanderen, heeft de gemeente 's-Hertogenbosch aan ARCADIS Heidemij Advies gevraagd voor die partijen een handboek op te stellen waarin de principes van het watersysteem verder worden uitgewerkt en vastgelegd.

1.2 Doelstellingen

De doelstellingen van dit onderzoek zijn:

1. het ontwerpen van een duurzaam stedelijk watersysteem waarbij duurzaam onder meer staat voor een gesloten waterbalans en een watersysteem waarin een goede waterkwaliteit is gewaarborgd.
2. het uitwerken van de verschillende watersysteemonderdelen die te samen het watersysteem 'De Groote Wielen' vormen.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2, de Watermachine, is een algemeen hoofdstuk over de Watermachine. Het hoofdstuk beschrijft wat met de Watermachine wordt beoogd.

Hoofdstuk 3 gaat over de dimensionering van het watersysteem. Na een paragraaf over de uitgangspunten die van belang zijn bij de toetsing van het hydrologische onderdeel van de Watermachine volgt een paragraaf met de beschrijving van de verschillende systeemonderdelen.

Hoofdstuk 4 gaat over de waterkwaliteit die in het watersysteem De Groote Wielen wordt verwacht. In een aantal paragrafen wordt ingegaan op de verspreiding van het overstortwater, de zuurstofhuishouding, de nutriëntenhuishouding en het risico van te hoge bacteriënconcentraties. Met de berekeningen worden vervolgens de randvoorwaarden aangegeven voor het effluent van het Helofytenfilter.

Hoofdstuk 5 beschrijft de dimensionering van het Helofytenfilter en de Moeraszone. De benaderingswijze van de dimensionering van de twee zuiveringsystemen is verschillend. Wordt het ontwerp van het Helofytenfilter meer bepaald door de kwaliteit van het effluent, bij de Moeraszone is de influentkwaliteit vooral bepalend. Beide zuiveringsystemen gebruiken de resultaten uit hoofdstuk 4 als uitgangspunt.

Hoofdstuk 6 is ten slotte het hoofdstuk waarin conclusies en aanbevelingen staan met betrekking tot de doelstelling van duurzaam stedelijk waterbeheer.

2 De Watermachine

2.1 Beschrijving systeem

Het waterhuishoudkundige systeem van De Groote Wielen is gericht op het vasthouden van gebiedseigen water met als natuurlijke verliesposten infiltratie en verdamping. Hierdoor is het watersysteem in hoofdzaak te beschouwen als gesloten.

Het watersysteem bestaat uit de volgende onderdelen:

- Centrale Plas; een zandwinplas met maximale diepte van ca. 13,7 meter
- Hoge Ring; een ring bestaand uit een noordelijk deel en een zuidelijk deel waartussen de Centrale Plas ligt. De Hoge Ring is, zoals de naam al weergeeft, het hoogst gelegen punt in het watersysteem;
- Koppelsloten; verbindingsloten tussen de Hoge en Lage Ring;
- Lage Ring; een ring die net als de Hoge Ring bestaat uit een noordelijke en een zuidelijke tak.

Naast de bovengenoemde conventionele onderdelen is het begrip watersysteem, vanwege de duurzaamheidsgedachte, breder gedefinieerd. Zo bevat het watersysteem 'De Groote Wielen' voorzieningen die bijdragen aan een betere waterkwaliteit en voorzieningen die verlies aan water(kwaliteit) voorkomt.

Dit zijn de volgende onderdelen:

- Retentiebekkens; deze voorzieningen vertragen de afvoer van hemelwater naar het oppervlaktewater;
- Molgoten en roostergoten; deze goten zamelen het hemelwater in en voeren het af naar de Koppelsloten en Retentiebekkens. Hierdoor wordt voorkomen dat al het hemelwater naar de riolering stroomt;
- Helofytenfilter, Moeraszone en ecozone; deze voorzieningen zuiveren het circulerende water. Het Helofytenfilter speelt een cruciale rol in de zuivering van de incidentele overstort uit Rosmalen.

In bijlage 10 staat het hierboven beschreven watersysteem weergegeven.

2.2 Hoogteligging systeemonderdelen

In dit stadium van het project is het stedenbouwkundig plan niet bekend waardoor de exacte hoogteligging van de Hoge Ring, Koppelsloten en Retentiebekkens niet bepaald kan worden. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de hoogteligging van deze onderdelen en waarvan deze afhankelijk zijn.

Bij onderdelen waarvan de hoogteligging bekend is staat deze vermeld.

Voor de modelberekening welke in dit rapport is beschreven, is voor een aantal hoogten een waarde aangenomen. Deze staan cursief aangegeven.

Watersysteem totaal Hoogteligging	
<i>Aandachtspunt</i>	<i>Toelichting</i>
Stedenbouwkundig plan	<p>Minimaal: ophoogpeil + benodigd hoogteverschil voor voldoende afwatering. Benodigd hoogteverschil, voor goede afwatering over straat, =0,40 m per 100 m weglengte. Ophoogpeilen staan in de bijlage aangegeven. <i>In modelberekening niet relevant.</i></p>
Centrale Plas	<p>Waterspiegel variabel tussen NAP + 1,40 en 1,70 m. <i>In modelberekening waterpeil NAP + 1,40 m.</i></p>
Hoge Ring	<p>De rand van de Hoge Ring dient overal 0,10 m boven het maaiveld te liggen waardoor de hoogteligging van het beginpunt van de Hoge Ring wordt bepaald door het hoogstgelegen punt in de nabijheid van de Hoge Ring in de wijk 't Broek (of 't Centrum). Indien de rand van de Hoge Ring plaatselijk door het maaiveld mag snijden kan een gemiddelde waarde worden genomen tussen laagst gelegen punt en hoogst gelegen punt van 't Broek (of 't Centrum). <i>In modelberekening waterpeil beginpunt NAP + 4,15 m.</i></p>
Koppelsloot	<p>Waterspiegel in de Koppelsloot minimaal 0,70 m onder ophoogpeil, dit i.v.m. drooglegging. Waterspiegel in de Koppelsloot minimaal op NAP+ 2,30 m om voldoende hoogteverschil voor een cascade constructie te hebben t.p.v. de Lage Ring. Maximale waterspiegel in de Koppelsloot in verband met drooglegging, minimaal 0,70 m onder ophoogpeil. Voldoende gronddekking t.p.v. kruising. Hoofdontsluitingsweg (duiker ø 500 mm), minimaal 0,70 m of bij minder dekking een speciale en duurere constructie toepassen. <i>In modelberekening waterpeil beginpunt NAP + 2,65 m.</i></p>
Retentiebekken	<p>Aanlegniveau bodem minimaal NAP +2,50m (=0,50m boven gemiddelde hoogste grondwaterstand). Minimaal benodigde berging boven bodem van Retentiebekken gemiddeld 0,60 m. <i>In modelberekening waterpeil niet relevant.</i></p>
Lage Ring	<p>Waterspiegel NAP + 1,80 m. Bodem NAP + 0,70 m. <i>In modelberekening waterpeil NAP + 1,80 m.</i></p>
Moeraszone	<p>Waterspiegel NAP + 1,80 à 1,70 m. <i>Geen modelberekening.</i></p>

2.3 Uitgangspunten

In het Basisdocument De Groote Wielen zijn de uitgangspunten vermeld waarmee bij de uitwerking van het watersysteem is gewerkt, zie bijlage 1.

In aanvulling op het basisdocument zijn in dit rapport extra uitgangspunten gehanteerd. Deze extra uitgangspunten zijn per onderdeel vermeld.

3 Dimensionering watersysteem

3.1 Inleiding

In hoofdstuk 2 is het watersysteem met haar onderdelen globaal benoemd. In dit hoofdstuk worden de afmetingen van elk onderdeel van het watersysteem verder beschreven. Het hoofdstuk beschrijft in drie afzonderlijke paragrafen respectievelijk de dimensionering van het oppervlaktewatersysteem, de dimensionering voorzieningen ten behoeve van regenwaterafvoer en de dimensionering van de natuurlijke zuiveringsystemen. Bij de dimensionering van het watersysteem wordt rekening gehouden met eisen die worden gesteld aan doorstroming en veiligheid, regenwaterafvoer en waterkwaliteit.

3.2 Dimensionering oppervlaktewatersysteem

3.2.1 Hoge Ring

Algemeen

De Hoge Ring is het hoogstgelegen onderdeel van het watersysteem “De Watermachine” en bestaat uit een noordelijke en een zuidelijke tak, die volkomen van elkaar zijn gescheiden (zie bijlage 2). Voor beide takken geldt, dat de Hoge Ring zich bevindt tussen de Centrale Plas en de Lage Ring. Wateraanvoer vindt permanent plaats, doordat een opvoergemaal continue water vanuit de Centrale Plas naar de Hoge Ring pompt. Hierdoor wordt droogval van de Hoge Ring en de Koppelsloten voorkomen. Vervolgens stroomt driekwart van het water onder vrijval door een drietal Koppelsloten naar de Lage Ring. Het overige water stroomt eveneens onder vrij verval uit in de Centrale Plas.

Beschrijving resultaten

In de modellering is uitgegaan van de volgende gegevens betreffende het ontwerp van de Hoge Ring:

	Hoge Ring Zuid	Hoge Ring Noord
Pompdebiet:	120 l/s	120 l/s
Voeding per	30 l/s	30 l/s
Koppelsloot:	3,95 tot 3,8 m+NAP	3,95 tot 3,90 m+NAP
Bodemhoogte:	2,5 m	2,5 m
Breedte:	1750 m	700
Lengte:	4,15 tot 4,00 m+NAP	4,15 tot 4,10 m+NAP
Waterpeil:	gemiddeld 0,20 m (zie	gemiddeld 0,20 m (zie
Waterdiepte:	kader)	kader)
Stroomsnelheid:	gemiddeld 0,2m/s	gemiddeld 0,2m/s
Wandruwheid:	0,5 à 2 mm (beton)	0,5 à 2 mm (beton)

De genoemde bodemhoogte is bepaald aan de hand van de gewenste waterstand. Het is echter mogelijk de bodem in zijn geheel te verhogen of te verlagen, mits het verval gelijk blijft. De kruinhoogte van de stuwen van de stuwen in de Hoge Ring dienen dan met dezelfde verhoging of verlaging aangepast te worden. Hierdoor blijft de waterverdeling over de Koppelsloten dan gelijk aan de gemodelleerde en gewenste waterverdeling.

Voor de Chezy-coëfficiënt is uitgegaan van aanleg met beton met een wandruwheid (k) van 0,5 à 2 mm. Hierdoor bedraagt de weerstand (Chezy-coëfficiënt) dat het water aan het betonoppervlak ondervindt circa 50 à 60 m^{0.5}/s.

Veiligheid oppervlaktewater

Het is gewenst dat de Hoge Ring voldoende veilig is ten aanzien van het stedelijk water. Volgens richtlijnen van de Stichting Consument en Veiligheid, weergegeven in het Handboek "Veiligheid van Oppervlaktewater" is er een veilige maximale waterdiepte genoemd voor stedelijk water. Deze veilige diepte bedraagt maximaal 0,20 m. In overleg met gemeente en waterschap is een principe-ontwerp gemaakt voor de Hoge Ring waarin aan deze randvoorwaarde kan worden voldaan.

Literatuur: Jaartsveld, R.F.M., Handboek Veiligheid van Oppervlaktewater, uitgave van: Stichting Consument en Veiligheid, 1994

Om deze waterdiepte op de veiligheidsnorm van 0,2 m te krijgen dient de helling in het bovenste deel van de zuidelijke Hoge Ring circa 0,10 à 0,12 ‰ te bedragen. In het bovenstroomse traject tot aan de eerste Koppelsloot (1,0 km) bedraagt het bodemverval dan circa 0,1 m. Het totale verval in de zuidelijke Hoge Ring dient volgens berekening circa 0,15 m te bedragen, zie bijlage 3. De noordelijke Hoge Ring heeft een verval van circa 0,05 m.

De stroomsnelheid in de Hoge Ring bedraagt circa 0,25 m/s in het bovenstroomse traject en circa 0,10 m/s benedenstrooms. Bij deze stroomsnelheden is het water zichtbaar stromend.

Dit betekent dat sediment, zoals slib en zand, in de Hoge Ring slechts in geringe mate getransporteerd zal worden. Naarmate de stroomsnelheid afneemt zullen ook lichtere sedimentfracties bezinken. In het gedeelte waar de stroomsnelheid het laagste is zal in relatieve zin fijner sediment bezinken dan bovenstrooms. Hetzelfde effect treedt ook bovenstrooms op als door verhoging van de kruinhoogte een grotere waterdiepte als 0,2m wordt gekozen¹. Onderhoud van de Hoge Ring blijft dus noodzakelijk.

Het is mogelijk om sediment en drijvend vuil te verzamelen in het benedenstroomse gedeelte van de Hoge Ring. In dat geval moeten de stuwen naar de Koppelsloten worden afgesloten en indien nodig kan het pompdebiet worden opgevoerd. Het sediment hoeft dan alleen in het benedenstroomse gedeelte te worden verwijderd.

¹ Een hogere waterstand bij een gelijkend pompdebiet resulteert dan in een lagere stroomsnelheid (debiet=stroomsnelheid*stroombreedte*waterdiepte) waardoor lichtere sedimentfracties kunnen bezinken.

Ook in dit geval blijft het nodig de Hoge Ring te inspecteren op vastzittend drijfaval of zwaar materiaal zoals stenen waarachter het sediment kan vastzitten.

Het opvoerdebiet voor de zuidelijke Hoge Ring kan door middel van stuwopeningen in de wand van de Hoge Ring gelijkmatig worden verdeeld over de drie Koppelsloten en het afvoerpunt van de Hoge Ring in de Centrale Plas. Uitgaande van een debiet van 120 l/s bedraagt het gemiddelde aanvoer per Koppelsloot circa 30 l/s.

Op basis van het voorgestelde ontwerp kan worden voldaan aan de gestelde veiligheidsnorm.

3.2.2 Koppelsloten

Algemeen

De Koppelsloten hebben twee functies. Allereerst vormt het de verbinding tussen de Hoge Ring en Lage Ring, waarin het water vanuit het inlaatwerk van de Hoge Ring onder verval naar de Lage Ring stroomt. Daarnaast heeft de watergang ook een ontwaterende en afwaterende functie van de belendende percelen.

Voor voldoende afwatering door middel van goten, bedraagt de maximale afwaterende lengte onder deze goten tot een Koppelsloot circa 150 à 200 m. De onderlinge afstand van de koppelsloten is hierdoor maximaal circa 300 à 400 m.

Voor het ontwerp van de Koppelsloten zijn twee varianten denkbaar, een zogenaamde zachte inrichting en een harde inrichting. In de zachte variant is er geen bodembescherming in het profiel aangebracht en kan het water vrij meanderen. De ligging en vorm van de Koppelsloot is hierbij continue onderhevig aan veranderingen. In de harde variant is de bedding en de ligging van de Koppelsloot vastgelegd door het aanbrengen van bijvoorbeeld natuurstenen.

De minimale afvoer door de Koppelsloten wordt gewaarborgd door inlaat vanuit de Hoge Ring. De uitwerking daarvan en de bijbehorende waterwerken zoals duikers zijn in paragraaf 3.2.4. beschreven.

Randvoorwaarde dimensionering regenwaterafvoer

Om inzicht te krijgen in de buffer- en afvoercapaciteit van de Koppelsloot is een berekening uitgevoerd van een extreme situatie die gemiddeld genomen eens per 25 jaar voorkomt ($T=25$). De gehanteerde bui die in een dergelijke situatie valt is circa 58 mm en duurt ongeveer 24 uur. Dit komt overeen met een afvoerfactor van 6,7 l/s/ha over 24 uur.

Regenbuien variëren echter in intensiteit. Om deze reden wordt uitgegaan van een stationaire maatgevende afvoer van 60 l/s/ha gedurende één uur. Dit komt overeen met een situatie die eens per 10 jaar voorkomt.

Beschrijving resultaten

De bodemhoogte van de Koppelsloten wordt bepaald door de hoogte van duikers die onder de weg langs de Hoge Ring liggen. De bodemhoogte van deze duikers bedraagt maximaal 2,40 m+NAP. De bodemhoogte van de Koppelsloten sluit hierop aan. Zie de bijgevoegde situatietekening in bijlage 3.

In droge perioden is het wenselijk water te hebben in de watergang. Dit wordt mogelijk gemaakt door de permanente aanvoer vanuit de Hoge Ring. Doordat dit debiet in droge perioden slechts enkele tientallen liters per seconde (circa 30 l/s) bedraagt, is de bodembreedte van de Koppelsloten beperkt.

Op basis van een wateraanvoer vanuit de Hoge Ring van 30 l/s worden de volgende afmetingen voorgesteld voor de Koppelsloot. Deze afmetingen zijn gebruikt voor de hydraulische berekeningen en kunnen worden gebruikt voor het ontwerp:

- Bodemhoogte: Neemt af van 2,4 tot 2,3 m+NAP
- Bodembreedte: 0,2 m
- Talud: 1:2 (tot circa 0,3 m boven de bodem, daarboven een talud variërend van 1:2 tot 1:6)
- Bovenbreedte op maaiveld: Minimaal circa 10 m
- Waterpeil: 2,65 afnemend tot 2,55 m+NAP
- Waterdiepte: 0,25 m
- Stroomsnelheid: Gemiddeld 0,15m/s

Bij een bui van 58 mm in 24 uur, een bui met herhalingsstijd van circa één keer per 25 jaar, treedt in de Koppelsloten een peilstijging op van circa 0,15 m. In bijlage 3 is deze peilstijging tezamen met de berekende afvoer grafisch weergegeven.

De peilstijging bij een stationaire afvoer van 60 l/s/ha in 80 minuten is dan één meter. Het debiet over de stuw bedraagt dan 0,48 m³/s. Het waterpeil bereikt dan een hoogte van 3,30 m+NAP. Eens per tien jaar stroomt het water dan over de kaden.

3.2.3 Lage Ring

Algemeen

De watergang ontvangt water vanuit de Centrale Plas, de Koppelsloten en de Retentiebekkens die op de Lage Ring uitkomen. Het plaatsen van een Opvoergemaal bevordert de doorstroming en waarborgt het waterpeil in de Lage Ring.

Randvoorwaarde dimensionering

Ten behoeve van de dimensionering van de Lage Ring is een hydraulische berekening uitgevoerd waarbij is uitgegaan van een extreme situatie die gemiddeld eens per 25 jaar voorkomt (T=25). De gehanteerde bui die in een dergelijke situatie valt bevat circa 58 mm en duurt ongeveer 24 uur. Dit komt overeen met een afvoerfactor van 6,7 l/s/ha.

Beschrijving resultaten

Voor de Lage Ring is de eco-zone, die aan één zijde van de watergang wordt gerealiseerd. Ten behoeve van deze zone is voorzien in een flauw talud. Afhankelijk van de beschikbare ruimte is een nog flauwer talud mogelijk. Een flauw talud vergroot de berging en reduceert daarmee peilstijgingen in de Lage Ring bij hevige neerslag. Een flauw talud kan ook vanwege de geringere peilfluctuatie gunstig zijn voor de beoogde waterflora.

Het waterpeil in de Lage Ring is gebonden aan een minimum peil van 1,80 m+NAP. Dit betekent dat het waterpeil gedurende droge omstandigheden niet onder dit waterniveau mag dalen.

In de hydraulische berekening wordt daarom uitgegaan van de onderstaande gegevens.

- Bodemhoogte: 0,70 m+NAP
- Bodembreedte: 1,0 m
- Talud rechts: 1:2 (in verband met onderhoud)
- Talud links: 1:3 (0,5 m), 1:5 tot 1:6
- Waterpeil: 1,80 m+NAP
- Waterdiepte: 1,10 m
- Stroomsnelheid: Circa 0,01 m/s

De gewenste waterdiepte van circa 1,1 m wordt gerealiseerd door middel van een stuw benedenstreams van de Lage Ring. De kruinhoogte van deze stuw is grotendeels bepalend voor het peil in de gehele Lage Ring. Bij een debiet van 120 l/s, afkomstig uit de Koppelsloten, 90 l/s, en de Lage Ring, 30 l/s, en bij een kruinbreedte van 2,0 m bedraagt de overstortende straal circa 0,10 m.

De kruinhoogte van deze stuw zou dus ingesteld kunnen worden op 1,70 m+NAP om het gewenste peil van 1,80 m+NAP te realiseren. Door infiltratie van water in de Koppelsloten of de Lage Ring neemt het debiet echter af. Dit heeft als gevolg dat het waterpeil uitzakt. Daarom wordt voorgesteld wordt om de benedenstroomse stuw regelbaar te maken, zodat het peil in de Lage Ring beter beheerst kan worden.

Bij een extreme neerslagsituatie van $T=25$ (58 mm in 24 uur) treedt, bij ongewijzigde stuwstand, een peilstijging in de Lage Ring op van 0,25 m, zie bijlage 3. In de Centrale Plas bedraagt de peilstijging bij een dergelijke bui eveneens circa 0,25 m.

De stroomsnelheid is bij dit ontwerp en onder normale omstandigheden in de orde van grootte van 1 cm/s.

3.2.4 Kunstwerken

Stuwen

De kunstwerken zijn ontworpen voor lage en hoge afvoersituaties. Het is gewenst om de stuwen of openingen in de wand van de Hoge Ring regelbaar te maken, zodat de waterverdeling in de praktijk goed kan worden geoptimaliseerd. Voor de stuwen benedenstreams in de Koppelsloten kan in principe uitgegaan worden van vaste stuwen.

Om het peil in de Lage Ring goed te beheersen wordt aanbevolen een regelbare constructie aan te leggen nabij de uitmonding van de Lage Ring in de Centrale Plas. Afhankelijk van kwel, wegzijging en wateraanvoer kan het peil in de Lage Ring dan worden gestuurd. Flexibel peilbeheer in de Lage Ring is gezien de aanwezigheid van de eco-zone en het zuiveringsmoeras van groter belang in de Lage Ring dan in de Koppelsloot.

In onderstaande tabellen zijn de stuwbreedte en stuwhoogte t.o.v. NAP aangegeven (de stuwhoogten van de Hoge Ring ligt 10 cm boven de bodem met uitzondering van de variant aan het einde van de bak waar deze 17 cm bedraagt). Voor de stuw of opening aan het uiteinde van de Hoge Ring zijn een tweetal alternatieven aangedragen. Bovendien dient deze stuw te beschikken over een uitlaatvoorziening, zodat de Hoge Ring na leegstroom schoongemaakt kan worden.

Tabel 3.1: Stuwgegevens zuidelijk deel van het plangebied

Stuw	Breedte	Kruinhoogte
	[m]	[m+NAP]
Hoge Ring		
't Broek west	0.5	3.93
't Broek midden	0.5	3.92
't Broek oost	0.5	3.90
Waterbuurt / Centrale Plas	0.5	3.90
<i>Of alternatief Centrale Plas</i>	2.5	3.97
Koppelsloot		
't Broek west	4.0	3.3
	0.5	2.7
	0.1	2.3
't Broek midden	4.0	3.3
	0.5	2.7
	0.1	2.3
't Broek oost	4.0	3.3
	0.5	2.7
	0.1	2.3
Helofytenfilter		
Rosmalen	1*	1*
Lage Ring		
naar Moeraszone	2.0	1.7
Moeraszone		
naar Centrale Plas	2*	1.7

1* Afhankelijk van ontwerp Helofytenfilter

2* Brede stuw, bepalend vanuit vormgeving en inrichting Moeraszone

Tabel 3.2: Stuwgegevens noordelijk deel van het plangebied

Stuw	Breedte	Kruinhoogte
	[m]	[m+NAP]
Hoge Ring		
De Lanen west	0.5	4.02
De Lanen midden	0.5	4.01
De Lanen oost	0.5	4.00
Centrale Plas	0.5	4.00
Centrale Plas (alternatief)	2.5	4.07
Koppelsloot		
De Lanen west	4.0	3.0
	0.5	2.5
	0.1	2.1
De Lanen midden	4.0	3.0
	0.5	2.5
	0.1	2.1
De Lanen oost	4.0	3.0
	0.5	2.5
	0.1	2.1
Lage Ring		
naar Moeraszone	2.0	1.7
Moeraszone		
naar Centrale Plas	1*	1.7

1* Brede stuw, bepalend vanuit vormgeving en inrichting Moeraszone

Het peilverschil ter plaatse van de stuwen aan de instroomzijde van de Koppelsloten bedraagt circa 1,45 m (peil Hoge Ring $\pm 4,10$ m+NAP; peil Koppelsloot $\pm 2,65$ m+NAP). Aan de uitstroomzijde van de Koppelsloot bedraagt dit circa 0,75 m (peil Lage Ring $\pm 1,80$ m+NAP; peil Koppelsloot $\pm 2,55$ m+NAP).

Duikers

In de Koppelsloten komen enkele duikers ten behoeve van kruisingen met fietspaden en onder de Hoge Ring. In verband met de onderhoudswensen van het waterschap worden ronde duikers gebruikt met een minimale doorsnede van 500 mm. De lengte van de duikers onder de Hoge Ring en parallel daaraan gelegen weg is indicatief bepaald op 15 m. De duikers zijn gelegen op een hoogte van 2,4 m+NAP (b.o.k.) om voldoende gronddekking onder de Hoge Ring en de weg te hebben. De bodemhoogte van de Koppelsloten zijn hierop aangesloten. In bijlage 3 is een ontwerpschets opgenomen met daarop de ligging van de duiker ten opzichte van de Hoge Ring en het wegdek.

Pompen

Zuidelijk deel van het plangebied

- Minimale pompcapaciteit Hoge Ring: 120 l/s.
- Minimale pompcapaciteit Lage Ring: 30 l/s.

Noordelijk deel van het plangebied

- Minimale pompcapaciteit Hoge Ring: 120 l/s.
- Minimale pompcapaciteit Lage Ring: 30 l/s (kan mogelijk geïntegreerd worden met zuidelijk plangebied).

3.3 Dimensionering Retentiebekken en Goten

3.3.1 Retentiebekken

In de wijk De Hoven worden enkele Retentiebekken aangelegd om het (hemel)water uit de wijk te retenderen alvorens het naar de Lage Ring afstroomt.

Ontwerpcapaciteit

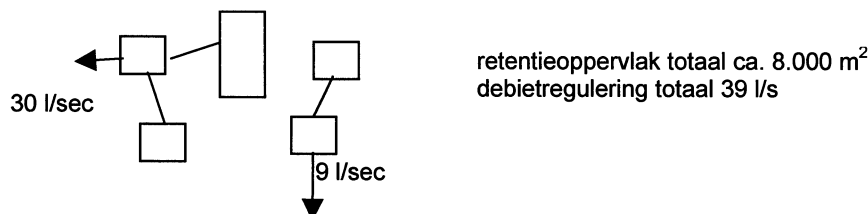
Voor de dimensionering van de Retentiebekken zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- een bruto oppervlakte van 37,3 ha, waarvan 60% verhard oppervlak;
- een toelaatbare ledigingstijd van het Retentiebekken van circa 1,5 dag;
- een tijdelijke toelaatbare peilstijging in het Retentiebekken van 0,6 m;
- een overschrijdingsfrequentie van $T = 1$ jaar;
- afvoer door bijvoorbeeld een wervelventiel of knijpduiker: altijd 100% van de maximum lozingscapaciteit;
- geen berging of verlies onderweg.

Uit de ledigingstijd van het bekken volgt dat een netto afvoerdebiet van ongeveer 1,75 l/s ha is benodigd en een totale retentiec capaciteit van circa 8.000 m³, verdeeld over meerdere bekken. Een netto afvoerdebiet van 1,75 l/s ha komt overeen met circa 39 l/sec voor het hele gebied. Voor de berekening en overschrijdingsfrequenties (regenduurlijnen). Zie bijlage 9.

Het verdient aanbeveling de Retentiebekkens zoveel mogelijk onderling te koppelen via een buizenstelsel. Hierdoor wordt de buffercapaciteit optimaal benut en kunnen veel kleine debietregulerende kunstwerken door enkele grote worden vervangen. Bij koppeling dienen de bodems van de bekkens op dezelfde hoogte ten opzichte van NAP te liggen.

In schema:



In principe zal er vaak (bij iedere significante regenbui) tijdelijk een hoeveelheid water in het bekken staan. Doorgaans betreft het bij een normale bui een kleine hoeveelheid (enkele centimeters tot 1 à 2 decimeter) die na verloop van een aantal uren via de afvoer weer verdwijnt.

Afmeting Retentiebekken

Praktisch gezien bedraagt het minimaal oppervlak per bekken 400 m² (afm. bv 20x20 m) met bergende waterschijf van 0,60 m. Hieruit volgt dat maximaal 20 stuks Retentiebekkens voor de wijk de Hoven benodigd zijn. Op een dergelijk bekken kan dan circa 11.000 m² verhard oppervlak worden aangesloten, wat overeenkomt met de capaciteit van 4 molgoten type D.

Uit het oogpunt van het totale hoogtespel en de hoeveelheid aan te sluiten molgoten bedraagt de praktische maximaal oppervlak per bekken, waaruit volgt minimaal 5 Retentiebekkens.

De maximaal afwaterende lengte van een molgoot tot een Retentiebekken bedraagt dan circa 150 à 200 m.

Uit het oogpunt van het benodigde hoogteverschil voor voldoende afwatering door middel van goten, bedraagt de maximale afwaterende lengte van een goot tot een Retentiebekken 150 à 200 m. De onderlinge afstand van de Retentiebekkens is dus maximaal 300 à 400 m. Hieruit volgt dat 5 Retentiebekkens nodig zijn met een oppervlak van ieder circa 1600 m², een bergende waterschijf van 0,60 m. Het hoogteverschil van de goten bedraagt dan maximaal 60 à 80 cm (verhang in wegen 0,4%).

Geadviseerd wordt om de bekkens uit te voeren met flauwe taluds, met een zo diep mogelijke bodem. De minimale diepte is echter NAP + 2,50 m. Bij het toepassen van een zo diep mogelijke bodem en/of een zo groot mogelijk oppervlak kunnen ook buien met een overschrijdingsfrequentie van meer dan eenmaal per jaar effectief worden geretendeerd. Op deze wijze kan ook bij intense buien water op straat worden voorkomen.

Noodcapaciteit

De buizen die de buffers onderling verbinden en de afvoermogelijkheid naar de Lage Ring dienen zodanig gedimensioneerd te zijn, dat tijdens zeer hevige neerslaggebeurtenissen het water kan worden afgevoerd naar de Lage Ring en niet tot overlast in de wijk leidt. Het debietregulerend kunstwerk dient daarom ook te worden voorzien van een drempelniveau: stijgt het water boven een bepaald peil, dan kan het rechtstreeks, ongeretendeerd, naar de Lage Ring stromen.

Noodcapaciteit bij overschrijdingsfrequentie van 1 keer per 25 jaar voor 37,3 hectare bruto oppervlak:

- of berging van 5500 m³ door extra spiegelstijging;
- of noodafvoer 190l/s
(indicatie voor een groot bekken van 1600 m² voor 4,48 m² verhard oppervlak: buis ø 300 mm, bij een spiegelverhang van verhang 1/250).

3.3.2 Gootconstructies

Uitgangspunten

Naast de uitgangspunten zoals beschreven in het Basisdocument, zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- de helling van de goot in lengterichting is minimaal 4‰, ofwel 0,4m/100m;
- de basis ontwerpintensiteit is 60 l/s/ha gedurende 35 minuten (overschrijdingsfrequentie van T=1 jaar);
- de wandruwheid is 5 mm;
- al het water komt tot afstroming (afvloeiingscoëfficiënt = 1, geen infiltratieverliezen of berging onderweg);
- maximaal “veilige” breedte / diepteverhouding van de molgoten is ongeveer 10:1;
- geen onderscheid tussen daken, wegen en andere verharde oppervlakken.

Tabel 3.3
5 typen molgoten

Resultaten

Goot	breedte [m]	Diepte [m]	max. Verhard oppervlak [m ²]	hoogteverschil per 100 m [m]
A (molgoot)	0,35	0,04	500	0,40
B (molgoot)	0,50	0,05	1.000	0,40
C (molgoot)	0,65	0,07	2.000	0,40
D (molgoot)	0,80	0,08	3.500	0,40
E (roostergoot)	0,25	0,30	9.000	0,40
F (roostergoot)	0,25	0,50	17.000	0,40

De bovenstaande tabel moet als volgt worden gelezen. Goottype A kan maximaal 500 m² verhard oppervlak ontvangen. Meer oppervlak leidt tot onvoldoende capaciteit van de goot: de goot treedt buiten haar oevers. Bij een groter toestromend gebied wordt gekozen voor een ander goottype.

Goottype B bijvoorbeeld kan in totaal 1.000 m² toestromend verhard oppervlak behandelen. Parallel hieraan kan ook worden besloten om twee goten type A aan te leggen, bijvoorbeeld aan beide zijden van de weg, waardoor de gezamenlijke capaciteit voldoende is voor 1.000m² toestromend verhard oppervlak. Voor de berekening van goottype D zie bijlage 6.

Daarnaast zijn er ook berekeningen gemaakt voor groene goten. Dit zijn brede goten met een kleine bodemdpte waarin begroeiing met b.v. gras mogelijk is.

- de helling van de goot in lengterichting is minimaal 2‰, ofwel 0,2m/100m;
- de basis ontwerpintensiteit is 60 l/s/ha gedurende 35 minuten (overschrijdingsfrequentie van T=1 jaar);
- al het water komt tot afstroming (afvloeiingscoëfficiënt = 1, geen infiltratieverliezen of berging onderweg);
- de wandruwheid Km is 15;
- taludhelling 1:3;
- geen onderscheid tussen daken, wegen en andere verharde oppervlakken.

Tabel 3.4
3 typen groene goten

Resultaten

Goot	breedte [m]	Waterdiepte [m]	max. verhard oppervlak [m ²]	hoogteverschil per 100 m [m]
G (groene goot)	2,30	0,25	10.000	0,20
H (groene goot)	3,80	0,25	25.000	0,20
I (groene goot)	6,00	0,25	50.000	0,20

3.4 Dimensionering Helofytenfilter en Moeraszone

In het zuidwestelijke deel van het plangebied is een riooloverstort gelegen. Vanuit een bergbezinkleiding vindt vanuit het rioolstelsel van Rosmalen overstort plaats met een theoretisch berekend volume van 11.600 m³ per jaar.

Het ontwerp van het Helofytenfilter en de Moeraszone hangt niet alleen af van de hoeveelheid te bergen water. Het beoordelingscriterium van het ontwerp hangt met name af van de gewenste kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater. Voor het Helofytenfilter is dit in eerste instantie de Lage Ring. Voor de Moeraszone is dit de Centrale Plas.

Met behulp van de resultaten van de waterkwaliteitsstudie zoals beschreven in hoofdstuk 4 wordt in hoofdstuk 5 dimensionering van het Helofytenfilter van de Moeraszone uitgewerkt.

4 Waterkwaliteit

4.1 Inleiding

De Gemeente 's-Hertogenbosch streeft naar een duurzaam watersysteem in de Groote Wielen. Duurzaam water betekent ondermeer dat de waterkwaliteit aan de MTR-normen uit de Vierde Nota Waterhuishouding moet voldoen. Daarnaast streeft de gemeente 's-Hertogenbosch voor de Centrale Plas naar de norm zwemwaterkwaliteit.

Om beiden doelen te behalen is gekozen om de dynamiek en het concentratieverloop van drie waterkwaliteitsindicatoren in beeld te brengen, de indicatoren zijn:

1. het zuurstofgehalte, voor alle effecten op de zuurstofhuishouding;
2. de stikstof- en fosfaatgehalten, omdat deze macronutriënten in de waterkolom primaire voedingsstoffen zijn voor de algen en ze een belangrijke index zijn voor de eutrofiëring van watersystemen;
3. de concentratie E-coli bacteriën, vanwege de indicatorfunctie die dit organisme heeft voor ziekteverwekkers in het oppervlaktewater

In deze studie is gebruik gemaakt van het model DUFLOW om de zuurstofhuishouding en het concentratieverloop van bacteriën te beschrijven. Van een modelstudie naar de dynamiek van de nutriënten is afgezien. Redenen hiervoor waren: de grote onzekerheden omtrent de verdeling van de nutriëntenbelasting in het watersysteem en het ontbreken van goede gegevens van de overstort Rosmalen. In plaats daarvan is een zogenaamde massabalans voor de nutriënten stikstof en fosfaat opgesteld. De massabalans beschrijft de inkomende en uitgaande stofstromen. Bij een verschil tussen deze stofstromen verdwijnt of accumuleert er een massa stof in het watersysteem.

Dit hoofdstuk is als volgt opgebouwd: Paragraaf 4.2 beschrijft de gebruikte informatie en randvoorwaarden. Paragraaf 4.3 gaat vervolgens in op de verspreiding van het overstortwater uit Rosmalen in het totale oppervlaktewatersysteem. Paragraaf 4.4 beschrijft de resultaten van het zuurstofmodel voor de dimensionering van het Helofytenfilter. In paragraaf 4.5 komt de nutriëntenbalans aan bod. Paragraaf 4.5 gaat in op de bacteriënproblematiek in het watersysteem 'De Groote Wielen'. Tenslotte wordt dit hoofdstuk afgesloten met de conclusies voor de drie indicatoren.

4.2 Uitgangspunten en randvoorwaarden voor modelberekeningen

Het watersysteem de ‘Grote Wielen’ kent vier waterstromen, te weten:

1. het grondwater, dat de Centrale Plas op peil houdt;
2. het hemelwater, dat direct op het onverharde oppervlak neerslaat (incl. wateroppervlak);
3. het water dat van de verharde oppervlakten afstroomt;
4. het overstortwater vanuit Rosmalen, dat via het Helofytenfilter op de Lage Ring komt;
5. de overstorten vanuit het verbeterd gescheiden stelsel.

Deze vier waterstromen verschillen door hun herkomst in waterkwaliteit. De waterkwaliteitgegevens van alle vier de waterstromen zijn bij de model- en massabalansberekeningen als invoervariabelen gebruikt. In bijlage 4 zijn de gebruikte kwalitatieve gegevens in tabelvorm weergegeven.

Uitgangspunt voor hemelwater is een jaarlijkse neerslag van 800 mm met een kwaliteit van 0.006 mg-P/l en 1.4 mg-N/l voor respectievelijk anorganisch fosfaat en ammoniak. De totale belasting van hemelwater op het watersysteem is berekend op basis van het gehele wateroppervlak.

Aan de hoeveelheid hemelwater, dat op het verharde oppervlak valt, is de kwaliteit gekoppeld van afstromend water. Tabel 2 in bijlage 4 geeft de kwaliteit weer voor deze verharde gebieden. De gegevens gelden alleen voor stedelijke gebieden. Het hemelwater, dat op de onverharde oppervlakken terecht komt, wordt niet in de modelstudie meegenomen. Uit de berekeningen aan de infiltratie- en retentievoorzieningen wordt verwacht dat de bijdrage van het onverharde oppervlak aan de belasting van het watersysteem nihil is.

Van het overstortwater uit Rosmalen is alleen het jaardebiet bekend. Gegevens over de kwaliteit en de frequentie zijn niet voorhanden. Op basis van de rioleringgegevens is als uitgangspunt gekozen, dat 25% van het jaardebiet per overstortgebeurtenis vrijkomt. Deze hoeveelheid water afkomstig is van een gemengd rioolstelsel en loost in twee dagen als blokgolf van 4000 m³ op het watersysteem. Kwaliteitsgegevens van het gemengde rioolstelsel staan in tabel 3 (bijlage 4).

4.3 Verspreiding overstortwater in de ‘Grote Wielen’

De werkelijke kwaliteit en kwantiteit van het overstortwater uit Rosmalen is onbekend. Toch draagt de verspreiding van het aandeel overstortwater in het watersysteem bij aan de beeldvorming over het transport en het effect van stoffen in het overstortwater op het watersysteem.

Uit de modelresultaten komt naar voren, dat het overstortwater zich zowel stroomafwaarts als stroomopwaarts beweegt.

Dit is duidelijk zichtbaar in figuur 1 in bijlage 5, waarin het aandeel overstortwater in het traject Bedrijventerrein tot 't Broek West stijgt tot een maximum van 70 volume% (zwartgekleurd). Uit de figuur blijkt ook, dat het percentage in de Lage Ring nabij de Centrale Plas bovenstrooms 25 volume% en benedenstrooms 12,5 volume% bedraagt. In de Centrale Plas zelf bedraagt het percentage minder dan 5 volume% ten opzichte van het water in de plas.

Figuur 2 in bijlage 5 toont het herstel in de Lage Ring door verdunning. Dit proces verloopt door instroom van water uit de Koppelsloten. Vier dagen na de start van de overstort-episode is het kwantitatieve effect van de overstort verdwenen.

4.4 Zuurstof

4.4.1 Modelbeschrijving van de zuurstofhuishouding (zonder Helofytenfilter)

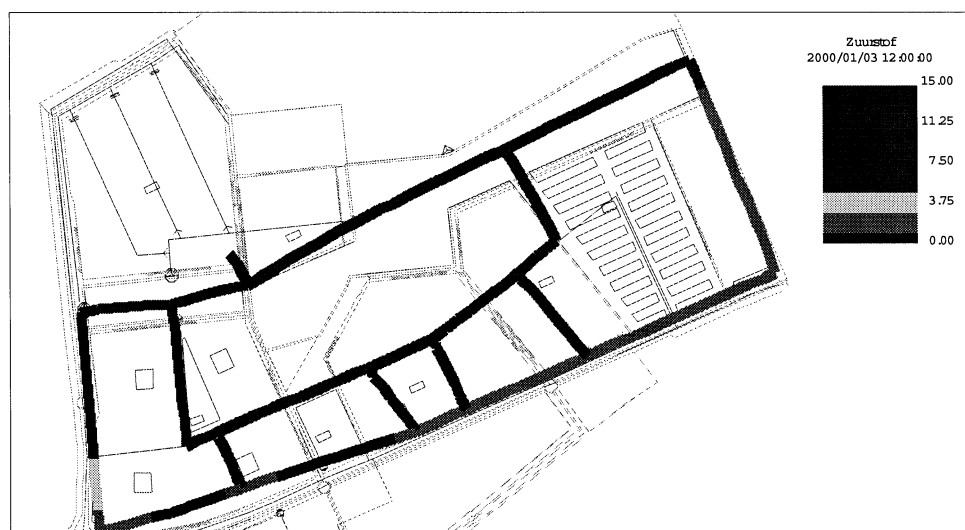
Voor de beschrijving van effecten op de zuurstofhuishouding is gebruik gemaakt van het waterkwaliteitsmodel Zuurstofhuishouding binnen DUFLOW. Dit model beschrijft de variatie in de zuurstofgehalten ten gevolge van een aantal processen.

In het watersysteem De Groote Wielen kunnen het ammonium en de zuurstofverbruikende stoffen (BZV) afkomstig zijn van de incidentele overstorting uit Rosmalen en het organisch materiaal afkomstig van het land. Gedacht moet worden aan bijvoorbeeld hondenpoep, bladafval en maaisel. Daarnaast levert het hemelwater een aanzienlijke bijdrage aan ammonium. Bijdragen van BZV en/of ammonium door grondwater zijn zeer gering en niet in de modelstudie meegenomen. In bijlage 4 staan de tabellen die voor de modellering zijn gebruikt.

Het model beschrijft het effect op de zuurstofhuishouding in de Lage Ring en de Centrale Plas door afspoeling van hemelwater, de neerslag op het water en de overstort van Rosmalen als bijdragen mee te nemen. Bedoeling van de modellering is om randvoorwaarden aan te leveren voor de dimensionering van het Helofytenfilter.

Onderstaand figuur toont het effect van een directe lozing zonder Helofytenfilter op de Lage Ring. Hieruit blijkt dat het zuurstofgehalte vanaf het lozingspunt tot aan de Centrale Plas een negatief effect heeft op de Lage Ring. In de daar onderstaande tabel staan de karakteristieken van het effect op de zuurstofhuishouding. Er is weergegeven hoe lang het duurt voordat het zuurstofgehalte de streefwaarde voor stedelijk water haalt en wat de minimale zuurstofconcentraties zijn in de Lage Ring en Centrale Plas.

Figuur 4.1 Ruimtelijk effect van de ongezuiverde lozing van overstortwater uit Rosmalen op het watersysteem de Grootte Wielen (zuurstof in mg/l)



De onderstaande tabel laat zien dat in de Lage Ring (zuid) het minimum gehalte 0,7 mgO₂/l is. Gedurende 18 uur is het zuurstofgehalte in de Lage Ring tussen dit minimum gehalte en 1,0 mgO₂/l. Gedurende 82 uur is het zuurstofgehalte tussen het minimum en de MTR-norm. De Centrale Plas overschrijdt de zuurstofnorm van 5 mgO₂/l niet en heeft een minimumgehalte van 9,1 mgO₂/l. Dit gehalte is vrijwel gelijk aan de maximale oplosbaarheid van zuurstof bij 20 °C. Kennelijk heeft de overstort vrijwel geen directe invloed op het zuurstofgehalte in de Centrale Plas.

Tabel 4.1 Karakteristiek van de zuurstofgehalten in de Lage Ring en de Centrale Plas (uitgangssituatie)

	Lage Ring	Centrale Plas
Minimum	0,7 mgO ₂ /l	9,1 mgO ₂ /l
uur < 5 mgO ₂ /l	82 uur	-
uur < 3 mgO ₂ /l	56 uur	-
uur < 1 mgO ₂ /l	18 uur	-

4.4.2 Randvoorwaarden voor het Helofytenfilter

Om de randvoorwaarden voor het Helofytenfilter te bepalen zijn: verblijftijd, zuiveringsrendement en het zuurstofgehalte in het effluent asl variabelen in de berekeningen betrokken. Tabel 4.2 vat de resultaten samen.

Tabel 4.2 Karakteristieken van zuurstofgehalten in de Lage Ring (bij verblijftijden van 2 en 3 dagen in het Helofytenfilter en bij drie zuiveringsrendementen van het Helofytenfilter)²

		effluent O ₂ =0 mg/l		effluent O ₂ =3 mg/l		
		2 dagen	3 dagen	2 dagen	3 dagen	
40%	minO ₂	2,0	2,9	minO ₂	2,6	3,3
	O ₂ <3	28 uur	10 uur	O ₂ <3	18 uur	-
	O ₂ <5	64 uur	73 uur	O ₂ <5	60 uur	67 uur
60%	minO ₂	3,3	4,1	minO ₂	3,9	4,6
	O ₂ <3	-	-	O ₂ <3	-	-
	O ₂ <5	48	49 uur	O ₂ <5	39 uur	26 uur
80%	minO ₂	4,7	5,5	minO ₂	5,4	6,0
	O ₂ <3	-	-	O ₂ <3	-	-
	O ₂ <5	14 uur	-	O ₂ <5	-	-

4.5 Nutriënten

4.5.1 Keuze voor massabalans

Door complexiteit en gebrek aan informatie viel een modelstudie naar de nutriëntenhuishouding af en is gekozen voor het opstellen van een eenvoudige massabalans. Uitgangspunt is daarbij, dat het hele watersysteem in de startfase gevuld is met grondwater. Met gegevens van afstromend water, hemelwater en aannamen van het overstortwater is vervolgens de massabalans berekend. De resultaten van de massabalans, uitgedrukt in totaal-stikstof en totaal-fosfaat, gelden voor een waterkolom dat sterk op het water in de Centrale Plas lijkt.

4.5.2 Randvoorwaarden

Gerekend is met de nutriëntenconcentraties zoals deze in bijlage 4 zijn weergegeven. Uit de bijlage blijkt, dat het nitraatgehalte in het grondwater laag is en dat fosfaat- en ammoniumgehalten niet zijn gedetecteerd. De gehalten van het grondwater ter plaatse zullen zowel in de massabalans als in de praktijk gelden als beginvoorwaarde.

Met betrekking tot het hemelwater is gerekend met een jaarlijkse neerslag van 800 mm met een kwaliteit van 0.006 mg-P/l en 1.4 mg-N/l voor respectievelijk anorganisch fosfaat en ammoniak. De totale belasting van het hemelwater op het watersysteem is berekend op basis van het gehele gebiedsoppervlak minus het verharde oppervlak en een jaarlijks neerslag van 800 mm. Aan het hemelwater dat op het verharde oppervlak valt, is de kwaliteit gekoppeld van afstromend water in stedelijke gebieden. De kwaliteit voor deze verharde gebieden is in tabel 2 (bijlage 4) weergegeven. Voor de massabalans is uitgegaan van de rekenkundig gemiddelde gehalten en niet van de medianen. Op deze wijze wordt de kwaliteit van het afstromend water doelbewust zwaarder meegeteld.

² C_{min} minimale concentratie zuurstof (in mg-O₂/l)
duur de tijd waarbij het zuurstofgehalte onder 3 mg-O₂/l (in uren)

Tenslotte zijn er een aantal gegevens met betrekking tot de vuiluitwerp van het rioeringstelsel. Uitgangspunt voor het plangebied is dat in de Groote Wielen een verbeterd gescheiden stelsel komt voor de niet afgekoppelde gebieden. In de massabalans wordt gerekend met een overstort van een bui met herhalingsdij van 1:10 jaar op het verharde oppervlak voor de Groote Wielen.

Naast deze overstort van het verharde oppervlak van de Groote Wielen gaat de massabalans uit van een overstort uit Rosmalen, dat afkomstig is van een gemengd rioelstelsel waarop 55 ha aan verhard oppervlak is aangesloten.

4.5.3 Resultaten

In tabel 4.3 zijn, ondanks het beperkte inzicht in de verdeling en beschikbaarheid van de nutriënten, de limitatiefactoren van algen voor stikstof en fosfaat berekend. Uitgangspunt is dat 50% van de nutriënten in de Groote Wielen als voedingsbron beschikbaar is voor de algen. De verhouding tussen de fosfaat- en stikstoflimitatie (P-lim:N-lim) geeft aan dat de groei van de algenpopulatie in het begin vooral geremd wordt door fosfaat. Deze limitatiefactor neemt snel in belang af. Uit de concentratieverhouding (P-tot : N-tot) blijkt, dat na 20 jaar het nutriënt fosfaat 31 maal minder vaak voorkomt dan stikstof, terwijl de verhouding van de limitatiefactoren bijna 1 op 1 is. Hieruit blijkt duidelijk dat fosfaat een belangrijke stuurvariabele is voor de algengroei.

Tabel 4.3 Massabalans nutriënten (uitgangssituatie)

Nutriënt	gehalte mg/l	Grondwater mg/l	1 jaar mg/l	5 jaar Mg/l	10 jaar mg/l	15 jaar mg/l	20 jaar mg/l
N-totaal		3	3.02 ^{E+00}	3.10 ^{E+00}	3.19 ^{E+00}	3.29 ^{E+00}	3.38 ^{E+00}
P-totaal		0	5.28 ^{E-03}	2.64 ^{E-02}	5.28 ^{E-02}	7.92 ^{E-02}	1.06 ^{E-01}
Verhouding nutriëntgehalte			1 jaar	5 jaar	10 jaar	15 jaar	20 jaar
P-tot : N-tot			1 : 568	1 : 117	1 : 60	1 : 42	1 : 31
verhouding limitatie			1 jaar	5 jaar	10 jaar	15 jaar	20 jaar
P-lim : N-lim			4 : 1	16 : 10	13 : 10	12 : 10	11 : 10

4.6 Bacteriën

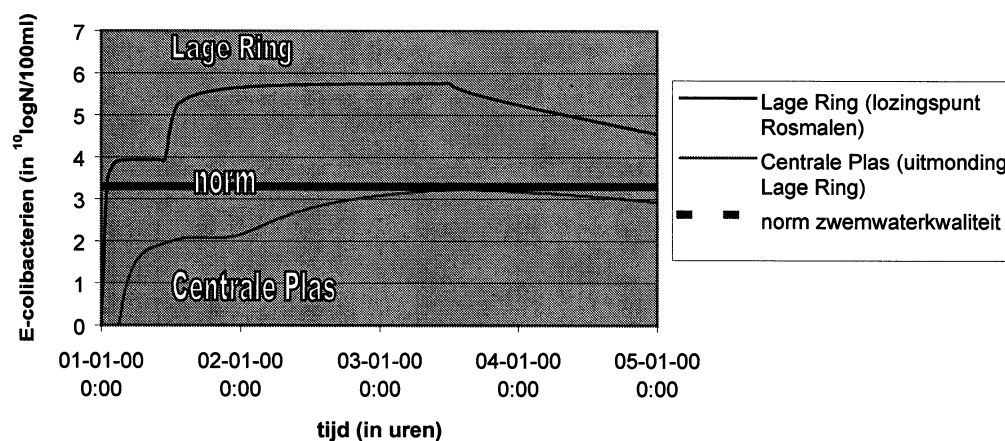
Het bacteriemodel beschrijft het gedrag van een universele thermotolerante E-colibacterie. De verwijdering van de bacteriën uit de waterkolom geschiedt door afsterving en sedimentatie. Met name sedimentatie is bij overstorten uit gemengde rioelstelsels een belangrijk verwijderingsproces. De bacteriën zijn dan voor een deel gehecht aan gesuspendeerd slib of worden ingevangen tijdens samenklontering van deeltjes.

Als uitgangspunt voor de modelstudie is gekozen voor een worstcase-scenario. Het overstortwater uit Rosmalen is zonder zuivering op de Lage Ring gezet. Bacteriën die via de verharde oppervlakken tot afvoer komen zijn met een T=10 bui op de Koppelsloten gezet.

Van bacteriën die zich op de onverharde oppervlakken bevinden is aangenomen, dat zij door retentie niet tot afvoer komen of afsterven. Tot slot is de concentratie bacteriën in het overstortwater van Rosmalen een factor 100 verhoogd dan de concentratie thermotolerante bacteriën (bijlage 4: tabel 2). De belangrijkste redenen hiervoor is voornamelijk de onbekendheid van zowel overstortkwaliteit als overstortkwantiteit. De veiligheidsmarges zijn daarom ruim genomen.

De resultaten van het model in figuur 4.2 laten zien, dat zelfs zonder zuivering de norm voor zwemwaterkwaliteit in de Centrale Plas wordt behaald. Uitgedrukt in aantal E-colibacteriën is dit 1590 per 100ml, terwijl de norm op 2000 per 100ml ligt. Daarentegen bedraagt het gehalte E-colibacteriën in de Lage Ring maximaal 5,75 (in $10^6 \log N/100 \text{ ml}$). Zuivering van het overstortwater in het Helofytenfilter kan dit gehalte met circa 80% verlagen, waarna de verblijftijd onder zuurstofrijke omstandigheden en de eco-zone in de Lage Ring het aantal E-colibacteriën verder omlaag brengt. Uiteindelijk zuivert het moeras net voor de Centrale Plas het water na. Het zuiveringsrendement van het Helofytenfilter en het zuiveringsmoeras is volgens de literatuur ieder 78%³ voor faecale bacteriën.

Figuur 4.2 Gehalte E-colibacteriën in de Lage Ring en de Centrale Plas



4.7 Conclusies

4.7.1 Verspreiding overstortwater Rosmalen

Het overstortwater verspreidt zich zowel bovenstrooms als benedenstrooms in de richting van de Centrale Plas. Door verdunning en dispersie is het aandeel in het bovenstroomse water nabij de Centrale Plas nooit hoger dan 12,5 volume%. Benedenstrooms is dit aandeel nooit hoger dan 25 volume%.

³ Steiner, G.R. and Combs, D.W., 1993. Small constructed wetlands. Systems for water quality improvement (edited by G.A. Moshiri), Lewis Publisher. P491-498.

Gezien deze verspreiding, de verblijftijd van het overstortwater in de Lage Ring en de grote verdunning in de Centrale Plas is de verwachting dat het overstortwater van Rosmalen geen belangrijk negatief effect heeft op de waterkwaliteit van de Centrale Plas. Het risico van een slechte waterkwaliteit als gevolg van het overstortwater uit Rosmalen beperkt zich voornamelijk tot de Lage Ring.

Verdunning door instroom van water uit de Koppelsloten en het Opvoergemaal Lage Ring blijkt het aandeel overstortwater in de Lage Ring in belangrijke mate te verkleinen. Dit verdunningseffect ontlast het watersysteem, zodat de waterkwaliteit van vooral het bovenstroomse gedeelte van de Lage Ring zich sneller herstelt.

4.7.2 Zuurstofhuishouding

Uit de resultaten in paragraaf 4.4 blijkt, dat de kwaliteit van de Centrale Plas nauwelijks varieert met de kwaliteit van het overstortwater uit Rosmalen. Daarentegen reageert de Lage Ring sterk op het overstortwater. In de Lage Ring is het zuurstofgehalte gedurende 18 uur beneden de 1 mgO₂/l. Pas na 82 uur ligt het zuurstofgehalte boven de 5 mgO₂/l. Zuivering van het overstortwater is daarmee voor de handhaving van een goede zuurstofhuishouding noodzaak.

De randvoorwaarden voor het Helofytenfilter zijn gebaseerd op de zuurstofhuishouding. Doel daarbij is dat de zuurstofhuishouding geen slechtere waterkwaliteit krijgt door het overstortwater uit Rosmalen. Door de concentratie van organische stof en ammonium met 80% te reduceren en het overstortwater uit Rosmalen minimaal drie dagen vast te houden in het Helofytenfilter is het mogelijk het zuurstofgehalte niet te laten dalen tot onder de 5 mgO₂/l (MTR-waarde).

Het effluent van het Helofytenfilter bedraagt dan:

- ammonium: 1,1 mgN/l;
- BZV snel afbreekbaar: 20 mg/l;
- BZV langzaam afbreekbaar: 50 mg/l.

4.7.3 Nutriëntenhuishouding

Op basis van de opgestelde massabalans kunnen geen conclusies worden getrokken over de lange termijn. Hiervoor zijn te veel processen verwaarloosd, waardoor het onduidelijk is hoe de nutriënten zich in het watersysteem verdelen. Met name de belading van sediment met fosfaat is daarbij cruciaal, omdat gebrek aan deze nutriënt de algengroei limiteert en nalevering van fosfaat uit het sediment in de regel een belangrijke bijdrage levert aan de fosfaatbehoefte van algen. Inzicht in de beschikbaarheid van dit nutriënt voor de algen is voor een nadere inschatting van het risico van algenbloei nodig.

Consequenties van een hoge algenbiomassa kunnen onder andere zijn het afnemen van de beleving van het water waardoor de recreatieve functie van het watersysteem onder druk staat. Een tweede consequentie bij zeer hoge algenbiomassa is het optreden van sterke schommelingen in de zuurstofhuishouding, waarvan ongewenste sterfte van vis één van de gevolgen kan zijn.

4.7.4 Bacteriën

Het aantal bacteriën in de Centrale Plas ligt zonder Helofytenfilter en zuiveringsmoeras net onder de norm zwemwaterkwaliteit (2000 per 100ml). Bij een normale werking van het Helofytenfilter en het moeras ligt dit aantal fors lager.

4.7.5 Toets zwemwaterkwaliteit

In deze studie is het aantal bacteriën als enige parameter meegenomen in de toets zwemwaterkwaliteit. Naast de norm voor bacteriën gelden nog anderen. Deze normen wijken of niet af van de MTR-normen uit de Vierde Nota Waterhuishouding (bijlage 7) of hebben betrekking op parameters zoals kleur en geur (bijlage 8). Deze laatsten zijn alleen toetsbaar bij monitoring en niet toetsbaar in deze fase van het plan.

5 Ontwerpuitgangspunten Helofytenfilter en Moeraszone

5.1 Inleiding

Bij de keuze van een waterzuiveringsmethode speelt een aantal factoren een rol. Met name de aard, concentratie en debiet van de verontreiniging, het al dan niet ontstaan van gasemissies en residuen, praktijkervaring, de mate van gewenste zuivering en de stand van de technieken zijn vanuit technisch oogpunt bepalend.

Gezien de wensen van de opdrachtgever is er ten behoeve van de zuivering gekozen voor de aanleg van horizontaal doorstroomde zuiveringsystemen. Randvoorwaarde waarop de afmetingen van het Helofytenfilter wordt bepaald, is de kwaliteit van het effluent dat aan de MTR-normen moet voldoen. De dimensionering van deze natuurlijke waterzuivering is in de eerste plaats gericht op de zuurstofhuishouding van het ontvangende oppervlaktewater. Dit water, de Lage Ring, moet ondanks de lozing van effluentwater blijven voldoen aan de MTR-normen uit de 4^e Nota Waterhuishouding.

Het aantal E-colibacteriën is niet direct meegenomen bij de dimensionering van de natuurlijke zuiveringsystemen. De redenen daarvoor zijn tweeledig. Allereerst vormt het aantal bacteriën geen probleem voor de Centrale Plas. Ten tweede treden de verwijderingsmechanismen van E-coli, sedimentatie en afsterving, in elke natuurlijk zuiveringsstelsel op, waarbij de afsterving van E-coli een functie is van tijd en zuurstofgehalte. In ieder geval is een verwijdering van 80% van de E-coli in een horizontaal doorstroomd zuiveringsstelsel haalbaar.

Aan de Moeraszone is geen stringente randvoorwaarde opgelegd. Het uitgangspunt is, dat het watersysteem bij de Lage Ring al voldoet aan de MTR-normen, die in het kader van dit onderzoek aan de orde zijn. De dimensionering van de Moeraszone moet daarom op de eerste plaats landschappelijk inpasbaar zijn en in de tweede plaats voldoen aan een 40% zuiveringsrendement.

5.2 Dimensionering Helofytenfilter

Het Helofytenfilter is gedimensioneerd aan de hand van de zuurstofhuishouding in de Lage Ring. Daarnaast is het van belang de nutriëntbelasting te minimaliseren, zodat de kans op eutrofiëring kleiner wordt. De andere parameter E-coli was niet nodig als extra randvoorwaarde voor de dimensionering. Uit paragraaf 4.6 bleek dat van een echte E-coliproblematiek in de Centrale Plas geen sprake is. De kwaliteitsnorm voor zwemwater wordt zelfs onder extreme omstandigheden niet overschreden door afsterving en sedimentatie van bacteriën in de Lage Ring.

De dimensionering van het Helofytenfilter hangt daardoor alleen af van de bergingsfunctie en de kwaliteit van het effluent uit het Helofytenfilter, waarbij de zuurstofhuishouding van het watersysteem niet wordt verstoord.

Als randvoorwaarde voor het effluent van het overstortwater uit het Helofytenfilter geldt:

- totaal ammoniumgehalte van 1,1 mgN/l;
- BZV-gehalte van 20 mgO₂/l snel afbreekbaar BZV;
- BZV-gehalte van 50 mgO₂/l langzaam afbreekbaar BZV.

Als het effluent deze gehalten bevat dan zijn de normen voor een goede zuurstofhuishouding haalbaar mits de verblijftijd van het water minimaal 2 dagen bedraagt (tabel 4.2 in paragraaf 4.4.2). Het zuurstofgehalte in de Lage Ring is dan boven de 5 mg/l. In de regel geldt dat hoe langer de contacttijd van het Helofytenfilter met biodegradeerbaar materiaal zoals BZV des te lager de concentratie van deze stof in het effluent. Een langere verblijftijd van BZV in het Helofytenfilter is daarom gunstig voor de zuurstofhuishouding van het ontvangende oppervlaktewater. Daarnaast is het belangrijk dat het fosfaatgehalte vanwege de limitatie van fosfaat voor algen in het overstortwater van Rosmalen zo laag mogelijk ligt.

Het Helofytenfilter van de Groote Wielen ontvangt per jaar 111 kg stikstof en 31 kg fosfaat uit het overstortkanaal van Rosmalen. Dit komt overeen met een gemiddelde concentratie van 9,25 mgN/l en 2,5 mgP/l in het overstortwater. Beide liggen boven de MTR-normen. Het overstortwater dient dus voor beide stoffen gereinigd te worden.

Door het gebruik te maken van een leidraad⁴ gericht op de berging en de belasting van de nutriënten in relatie tot de nutriëntvastlegging van fosfaat en stikstof is het benodigde areaal van het zuiveringsmoeras te berekenen. Tabel 5.1 geeft aan dat op basis van de uitgangspunten een Helofytenfilter van 3,9 ha (inwendig) als areaal voldoende groot is om het overstortwater te zuiveren.

Tabel 5.1 Gegevens voor de berekening van het minimum areaal van het Helofytenfilter.

Uitgangspunt		min. vastlegging in riet	min. Oppervlakte Helofytenfilter
Berging	4000 m ³ /overstort 0,3 m waterdiepte	-	1,33 ha (inwendig)
nutriëntenbelasting	NH ₄ =111 kg/jaar	90 kgN/jaar	1,23 ha (inwendig)
nutriëntenbelasting	PO ₄ =31 kg/jaar	8 kgP/jaar	3,9 ha (inwendig)
Berging + Helofytenfilter			5,23 ha (inwendig)

⁴ De Ridder, R.P., 1996. Helofytenfilters – Integratie van oppervlaktewaterzuivering, natuur en andere functies in moerassen, LBL mededeling 206, Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden, Utrecht

5.2.1 Inrichtingsaspecten

Voor een optimale werking van het Helofytenfilter moet voldaan worden aan een viertal randvoorwaarden.

1. de aanvoergolf en de belasting dienen in verband met de adaptatie zo min mogelijk te variëren;
2. voorkomen van zuurstofarmoede bij de waterbodem;
3. voorkomen van droogval;
4. het effluent op de Lage Ring mag niet meer dan 0,015 m³/s bedragen.

Hoofdprobleem bij de inrichting vormt de aanvoergolf vanuit Rosmalen. Slechts enkele malen per jaar stroomt het overstortwater naar het Helofytenfilter. Hierdoor worden de helofyten en micro-organismen blootgesteld aan sterk variërende omstandigheden in een kort tijdbestek.

Een oplossing is om de aanvoergolf eerst op te vangen in een bezinkbassin en vervolgens met een laag debiet in het Helofytenfilter te laten stromen. Hierdoor vlakt zowel de aanvoergolf als de belasting af, waardoor de adaptatie van het Helofytenfilter aan de omstandigheden beter verloopt. Uit een gezamenlijk onderzoek van o.a. Rioned en Stowa blijkt, dat de combinatie bezinkbassin met Helofytenfilter het zuiveringsrendement verbetert⁵. Het rapport van Rioned en Stowa geeft aan dat een zuiveringsrendement van circa 80% met de combinatie Helofytenfilter en bezinkbassin mogelijk is.

Aanbevolen wordt om een bezinkbassin/berging van 0,66 ha aan te leggen. Dit bassin is voldoende om 4000 m³ overstortwater op te vangen. De waterstand bedraagt bij deze overstort hoeveelheid dan 0,60 m. Voor het Helofytenfilter komt het totaal benodigd bruto oppervlak hiermee op 5,7 hectare, inclusief ca. 25% voor kaden en onderhoudspaden.

Naast de opvang van de piekafvoer uit Rosmalen moet voorkomen worden, dat het filter droogvalt en dat niet meer dan 0,015 m³/s water als effluent op de Lage Ring terecht komt. Door goed peilbeheer kan permanente droogval en een te groot effluentdebiet worden voorkomen.

5.2.2 Beheeraspecten

Het maaibeheer bepaalt in belangrijke mate het zuiveringsrendement van het Helofytenfilter. Uit de literatuur blijkt, dat rietplanten op het eind van het groeiseizoen vastgelegde nutriënten in biomassa boven het water verplaatst naar de wortels. Gegevens uit de literatuur laten zien dat dit met name voor fosfaat geldt. Door het maaien in september in plaats van december uit te voeren, bedraagt de opbrengst van fosfaat in riet 300%. Voor stikstof is de opbrengst 25% hoger in september.

Maaien in het groeiseizoen heeft ook een belangrijk nadeel. Het maaien heeft effect op de vitaliteit en daarmee het herstelvermogen van het riet.

⁵ Helofytenfilter Erasmusgracht, een onderzoek naar de toepasbaarheid van een Helofytenfilter met bezinkbassin als randvoorziening bij gescheiden stelsels

Dit effect heeft een direct verband met het zuiveringrendement van het Helofytenfilter. Aanbevolen wordt om het maaien van het riet elk jaar begin oktober, maar nooit voor half september, uit te voeren.

5.3 Dimensionering Moeraszone

Het hiervoor besproken Helofytenfilter is zodanig gedimensioneerd, dat de Lage Ring geen of nauwelijks negatieve effecten zal ondervinden van het overstortwater uit Rosmalen. Toch is een tweede zuiveringsstap nodig. Allereerst stroomt water van de percelen af via Koppelsloten en Retentiebekkens naar de Lage Ring. Daarnaast is ook omtrent de dimensionering een aantal aannamen gemaakt met betrekking tot de influentconcentratie van het boven genoemde Helofytenfilter. Om deze redenen is in de zuidelijke Lage Ring een extra zuiveringstrap nodig, terwijl de Moeraszone voor de noordelijke Lage Ring de eerste en enige zuiveringstrap is.

De gemiddelde gehalten totaal-stikstof en totaal-fosfaat zijn voor afstromend stedelijk water respectievelijk 2,8 mg-N/l en 0,13 mg-P/l en voldoen daarmee bijna aan de MTR-normen uit de Vierde Nota Waterhuishouding (bijlage 7). Met als aantekening dat deze gehalten lager liggen door verdunning in de Lage Ring. De influentgehalten hoeven daarom niet als uitgangspunt voor het zuiveringrendement genomen te worden. Een dimensionering van de twee Moeraszones bij een zuiveringrendement van 40% is afdoende. De inwendige oppervlakten van de twee Moeraszones, respectievelijk 7,1 ha (noordelijke Lage Ring) en 10,7 ha (zuidelijke Lage Ring), voldoen zeker aan een zuiveringrendement van 40% voor BOD, totaalstikstof en totaalfosfaat. Aanbevolen wordt om de Moeraszones in ieder geval groter dan 7 ha te maken, zodat de verblijftijd van het water in de Moeraszones ongeveer twee dagen bedraagt.

Voor iedere Moeraszone afzonderlijk bedraagt het totaal benodigd bruto oppervlak 8,75 hectare, inclusief ca. 25% voor kaden en onderhoudspaden.

De oppervlaktebelasting wordt berekend op basis van de gewenste reductie van ongewenste nutriënten in het effluent. In dit geval is gekozen voor 40%. Het voor de zuivering benodigde oppervlakte van de Moeraszone wordt vervolgens berekend door:

$$\frac{Q \cdot t}{-k / \ln(\text{reductie})} = A$$

waarin:

Q : debiet (is 540 m³/uur)

T : tijd (is 2 uur)

k : afbraakconstante (0,4 dag⁻¹)

reductie : 40%

A : benodigd oppervlakte, exclusief beplanting (in m²)

5.4 Conclusie en aanbevelingen

De waterdiepte in de Hoge Ring bedraagt ongeveer 0,2 m, mits de voorgestelde dimensionering van het watersysteem wordt nagevolgd (zie bijlage 1 Basisdocument). De Hoge Ring voldoet met deze waterdiepte aan de richtlijn van Stichting Consument en Veiligheid.

Over de nutriëntenhuishouding zijn geen harde uitspraken mogelijk. Het voorkomen en het verspreiden van de nutriënten over de compartimenten water en bodem zijn niet bekend. Vermoedelijk zullen de concentraties totaalfosfaat en totaalstikstof na een jaar respectievelijk 0,005 mgP/l en 3,0 mgN/l in de waterkolom bedragen. Daarna zal met name de fosfaatconcentratie sterk stijgen. Hierdoor neemt de limitatie van algengroei door fosfaat eveneens af en bestaat de kans dat algenbloei op de langere termijn (10 jaar) een probleem gaat vormen.

Het zuurstofgehalte in de Centrale Plas wordt niet door direct verstoord door het overstortwater uit Rosmalen. Daarentegen geldt voor vrijwel de gehele Lage Ring een ontoelaatbare overschrijding van de MTR-normen. Gedurende 18 uur ligt het zuurstofgehalte benedenstrooms het lozingspunt zelfs onder 1 mgO₂/l. Het water is daarmee nagenoeg zuurstofloos.

De Centrale Plas loopt geen risico voor een ontoelaatbare overschrijding van de zwemwaternorm ten aanzien van bacteriën. Wel is het aantal bacteriën in de Lage Ring fors. De verwachting is dat deze aantallen in werkelijkheid een stuk lager liggen, doordat vanwege de veiligheid het effluent met de bacteriën een factor 100 is verhoogd en de afname van het aantal bacteriën in de studie berust op de verblijftijd en niet op de werkelijke zuiveringsprocessen van een Helofytenfilter.

Aanbevolen wordt een Helofytenfilter te plaatsen van ten minste 3,9 hectare netto oppervlak. Het is raadzaam om voor deze Helofytenfilter een bergbezinkbak te plaatsen. Deze techniek heeft inmiddels al tot rendementen van 80% geleid voor nutriënten en organische stoffen.

Voor het Helofytenfilter komt het totaal benodigd bruto oppervlak hiermee op circa 5,7 hectare, inclusief ca. 25% voor kaden en onderhoudspaden.

Voor iedere Moeraszone afzonderlijk is minimaal benodigd, 8,75 hectare bruto oppervlak, inclusief ca. 25% voor kaden en onderhoudspaden, voor een zuiveringsrendement van 40% voor BOD, totaalstikstof en totaalfosfaat te behalen. Het verdient aanbeveling de oppervlakten voor de zuidelijke Moeraszone, zoals deze in het voorontwerp aangenomen van 10,7 hectare te handhaven voor extra waterkwaliteitsbuffering indien de zuivering van het overstortwater door het helofytenfilter faalt.

De noordelijke Moeraszone is echter met 8,75 hectare groter dan de 7,1 hectare in het ontwerp. Aanbevolen wordt om de bodemhoogte bij gelijkblijvend waterpeil met 5 à 10 cm te verlagen, zodat de noordelijke Moeraszone ook past volgens het ontwerp en de verblijftijd van het water gelijk blijft aan een Moeraszone met een bruto oppervlak van 8,75 hectare. De voorgestelde verlaging van de bodemhoogte heeft geen invloed op het zuiveringsrendement van de Moeraszone.

Bijlage 1 Basisdocument

Basisdocument De Grootte Wielen

Algemeen

Beschikbare rapportages / documenten

- Gemeente 's Hertogenbosch: Beeldkwaliteit Deelplan 1, d.d. juni 1999
- Heidemij Advies: Evaluatie studie afwatering/ontwatering en aanlegpeilen, d.d. 11 juli 1997
- ARCADIS: bodemkundig-hydrologische onderzoeken
 - De Grootte Wielen, d.d. 9 april 1997
 - Groene zone en bedrijventerrein d.d. 12 februari 1998
- Gemeente 's Hertogenbosch: Profielen 1 t/m 20
- Gemeente 's Hertogenbosch: Exploitatiekaart 2, met daarop aangegeven de oppervlakten van de onderdelen
- Gemeente 's Hertogenbosch: Exploitatieberekening per deelgebied
- ARCADIS: Zandwinning De Grootte Wielen: tek. Inrichtingsplan en ontgroning, d.d. 24-11-98
Aanpassingen hierop zijn nodig:
bedrijventerrein conform bodemk. geohydr. onderzoek op N.A.P. + 3,30m (i.p.v. +3,50)
't Vliet +4,20 m (terpen)
- Tekeningen en dwarsprofielen bedrijventerrein
- Overstortgegevens van Rosmalen (jaarlijkse overstortgegevens)

Uitgangspunten / voorstellen

Ophoging en verhard oppervlak

- Ophoging / ontwatering: globale ophoging conform evaluatiestudie ophogingvariant waterpeil Centrale Plas 1,70 m, geen drinkwaterwinning.
Plan minimale bouwpeilen conform "Zandwinning De Grootte Wielen" van ARCADIS
Gedetailleerd hoogteplan wordt door derden gedaan.
- Hoeveelheid verhard oppervlak: exploitatie berekening als leidraad
Verhardingspercentage uitgifte perceel volgt uit bestemmingsplan

Afkoppeling en infiltratie

- Centrum en hoofdwegenstructuur: verbeterd gescheiden stelsel
- Bedrijventerrein: verharding en dakwater afkoppelen op Afvoergreppel en Lage Ring aan zuidzijde, hoofdwegen niet afkoppelen
- Geen infiltratie van regenwater middels drains, boxen e.d. ook bij bedrijventerrein
- Geen directe afvoer van regenwater op Centrale Plas
Uitgezonderd dakwater van bebouwing direct aan plas gelegen
- Geen ontwerp van DWA- en RWA-stelsel (in aanvullende opdracht afvalwaterstructuurplan opstellen)

Ligging / ruimtebeslag

- Ligging onderdelen watermachine conform deelplan 1
- Ruimtebeslag onderdelen watermachine, exploitatie berekening als leidraad
- Dwarsprofielen van wegen en Lage Ring, profielen als leidraad voor de beschikbare ruimte
Onderhoud Lage Ring aan een zijde

Benodigde gegevens

- **Verkavelingplan, digitaal beschikbaar**
- **Exploitatieberekening per deelgebied, digitaal (t.b.v. verhard oppervlak)
%% verhard oppervlak van uitgifte percelen uit bestemmingsplan**
- **Bij hoeveel voertuigbewegingen / dag is afkoppeling niet meer acceptabel, of alles behalve hoofdwegenstructuur en busbaan afkoppelen**

Waterkwantiteit

Uitgangspunten / voorstellen

- Centrale Plas;
Waterstand 1.4 m+ NAP tot 1.7 m + NAP, afmetingen conform ontgrondingaanvraag

Arcadis bepaalt de inputgegevens voor de berekening van deze watergang welke in een parallellopende opdracht uitgevoerd gaat worden.
- Opvoergemaal
in Hoge Ring op 2 plaatsen, capaciteit door ARCADIS te bepalen
in Lage Ring op 1 plaats t.b.v. doorstroming, capaciteit door ARCADIS te bepalen
Lage Ring in noordelijk gedeelte dimensioneren op toekomstig gebied
- Uitlaatconstructie
Boven 1,70+ NAP afvoer naar watergang de Hoefgraaf, buiten het gebied
Hoefgraaf; winterpeil ca. 1,30+ m, zomerpeil ca. 1,80+ m
I.v.m. waterconservering is het uitlaten van water in zomer niet erg wenselijk
- Hoge Ring aan noord- en zuidzijde:
Rechthoekige ondiepe (enkele dm's 2 a 3) goot minimale breedte 2,5 m,
Klein verloop in breedte is acceptabel
Minimaal verhang
Transport opgepompt water
Voedt koppelsloten middels inlaatwerken, (instelbaar, eenmalig)
Uitmonding in Centrale Plas middels waterval / cascade
Moet geheel drooggezet kunnen worden
- Koppelsloten, totaal profiel circa 30 m breed, oppervlak en taluds nader te bepalen
Duidelijk zichtbare waterstroom onder droogweersomstandigheden (minimaal debiet wordt nog aangegeven)
Continue voeding door Hoge Ring via inlaatwerk (indicatief ca. 30 l/s)
Afvoer regenwater van goten
Peil zal fluctueren
- Goten: alles bovengronds / zichtbaar afvoeren
ligging goten: eenzijdig, tweezijdig, in het hart van de weg, principes door ARCADIS te bepalen
Uitmonding in koppelsloten, daar zandvang opnemen
- Retentiebekkens: oppervlak en taluds nader te bepalen
Onder normale omstandigheden droog
Opvang en retenderen regenwater
Afvoer zoveel mogelijk zichtbaar, via goot of sloot, naar Lage Ring
- Lage Ring: polderuiterlijk, langgerekte moerasstrook, dwarsprofielen op basis van aangeleverde profielen
Gewenste waterstand nagenoeg gelijk aan Centrale Plas (ca. 1,80m+NAP)
Profiel: minimale waterdiepte 1,10m, min. Bodembreedte 1,00 m, taluds niet steiler dan 1:3
Afvoer van koppelsloten, Retentiebekkens en Afvoergreppels
Onderhoudspad valt niet binnen de ruimte die gereserveerd is voor de lagering
Doorstroming in droogweersituatie middels opvoergemaal
Regenwateroverstorten op Lage Ring vanuit plangebied worden globaal bepaald

- We gaan uit van een gesloten systeem: geen beïnvloeding door oppervlaktewater in de omgeving met uitzondering van de Maas (kwel/wegzijging) en overstortgegevens.
- De Maas staat oppervlakkig niet in verbinding met de plas.
De plas staat niet in verbinding met het 2e watervoerende pakket, scheiding tussen 1e en 2e watervoerende pakket zal tijdens ontgronding niet worden aangetast
- Er vindt geen suppletie in de Centrale Plas plaats; de peilen van de plas zijn gebaseerd op de aanwezige grondwaterstanden. Het streven is niet uit te gaan van doorspoelen.
- Maatgevende situatie voor het ontwerp (herhalingsstijd, intensiteit)
Arcadis en het ingenieursbureau bepalen de berekeningsintensiteit
De gemeente 's Hertogenbosch gaat ervan uit dat de straten één maal per jaar blank mogen staan
Het waterschap geeft aan de eens in de 10 jaar een peilstijging van 30 cm mag optreden in een watergang.
Gevolgen aangeven bij hogere intensiteit 1x per 2 jaar, 1x per 10 jaar
Retentiebekken; leegloop in 1 tot 1,5 dagen
Berekening goten, stationair
- ARCADIS doet voorstel uitgangspunten voor de Moeraszone voor afstromend regenwater en het Helofytenfilter voor de overstort
- Kruising van waterlopen met wegen, conform deelplan
Bruggen ter plaatse van Lage Ring
Duikers ter plaatse van overige kruisingen. Ontwerp op basis van modellering en randvoorwaarden van het waterschap.
- Wensen van de beheerder betreffende minimale afmetingen duikers ivm onderhoudswensen;
Minimale afmeting \varnothing 500 mm
Bij grotere afvoeren heeft 1 rechthoekige duiker altijd de voorkeur boven 2 ronde
Vrije ruimte boven waterspiegel 15 tot 20 cm
- Beheer en onderhoud van Lage Ring, koppelsloten en Retentiebekken is formeel in handen van het Waterschap.
Het beheer van oppervlaktewater, ook van particulier water ligt altijd bij het waterschap
beheer 1x / jaar

Benodigde gegevens

- Ontgrondingaanvraag

Waterkwaliteit

Uitgangspunten / voorstellen

- Hemelwaterkwaliteit; kwaliteit uit literatuur, WRW, Leidraad Riolering;
- Kwaliteitsbepaling van afgekoppeld regenwater gelijkwaardig aan kwaliteit afvoer via verbeterd gescheiden stelsel
- Modelleringsrichtingen op nutriënten en zuurstof.
Daarnaast zal er een uitspraak worden gedaan over bacteriën, zuurstof, chlorofyl en doorzicht.
Geen effecten op zware metalen en organische toxicanten.
- Zwemwaterkwaliteit (bacteriën) volgens normen in waterhuishoudingsplan Provincie Noord-Brabant; verder voldoen aan de MTR normen, conform vierde Nota Waterhuishouding.
- Kwaliteit afstromende oppervlaktewater direct op de plas is gelijk aan hemelwaterkwaliteit
- Ecologische waterkwaliteit: overleg met Gerard Vlekke, de STOA heeft verschillende methodieken
- Overstortkwaliteit conform Leidraad Riolering / expert judgement
- Waterbodem Centrale Plas is klasse 0.
- Grondwaterkwaliteit: aannahme het water is goed, N, P en ecoli zijn onbekende parameters
- Helofytenfilter boven bedrijventerrein indien nodig de mogelijkheid deze toe te voegen

Benodigde gegevens

- Grondwaterkwaliteit (ivm kwel/wegzijging): Nina ter Linde zoekt uit of hierover gegevens bij de provincie bekend zijn.
- Eisen nutriëntconcentraties.
- Zuiveringscapaciteit Helofytenfilter en Moeraszone in overleg met het waterschap, ARCADIS kan indien gewenst hiertoe een voorstel doen
- Gegevens omtrent mogelijk terugzetting ontgrond materiaal

Vormgeving

Uitgangspunten / voorstellen

DEELPLAN 1

Eerste fase, zuidelijke helft (3100 woningen) met centrale waterplas.

Bestaande uit buurten De Hoven, de Vlietdijk, 't Broek en de Waterbuurt.

Algemene karakteristieken:

Groote Wielen;

- polderwijk (herkenbaar polder- en uiterwaardengebied)
- duidelijke overgangen tussen het stedelijke en het landelijke
- differentiatie landelijke gebruiksvormen (stedelijk park-> natuurlijk groen)
- samenhangend groenweefsel
- combinatie van functies (natuurlijk, agrarisch, visueelruimtelijk, stedelijk)randen helder noord- en westzijde scherp (bomenrijen/doorzichten), oostzijde (zacht, natuurlijk, water en moeras, open), zuidzijde (parkachtig stedelijk, groenrecreatie)

STEDEBOUWKUNDIG PLAN

- gedifferentieerde woonmilieus op basis van ruimtelijke omstandigheden en landschappelijke kenmerken
- zichtbaar in verkaveling en detaillering van de openbare ruimte
- Tuinstadsfeer, veel groen en water
- Centrale Plas
- noordzuidgerichte parkstrook
- buurten grenzen aan water
- oevers grotendeels openbaar toegankelijk

ALGEMEEN

- rekening houden met hoogteverschillen vloerpeilen van bouwblokken
- RWA-huisaansluiting:
Projectontwikkelaar zorgt ervoor dat regenwaterafvoer aan de voorgevel komt
Arcadis doet voorstel vanaf perceelsgrens

WIJKEN ALGEMEEN

- Algemeen voor de ontsluiting van de buurten: kruisingen tussen de watermachine en parkeer- en woonstraten combineren met verkeersremmende maatregelen.

WATERBUURT

- tussen de uit te geven percelen komt een strook van 30 m water te liggen (waarvan 10m van waterschap en 2x 10 particulier). Het eerste gedeelte van de percelen zal water zijn
- Afvoer van regenwater via koppelsloten op Lage Ring (zie ook algemene uitgangspunten)
Uitgezonderd dakwater van bebouwing direct aan plas gelegen
- uitmonding Hoge Ring in plas verbijzonderen
- oevers niet openbaar

'T BROEK

- parkeren centraal in assen en op eigen werf;
- koppelsloten vormen de dragers van het plan
- koppelsloten zijn permanent water voerend, eventueel gevoed vanuit de Hoge Ring

DE LANEN

Principe als 't Broek alleen meer lijnvormig

VLIETDIJK

- groene ader met langzaamverkeers route
- parkachtig gebied
- afvoer regenwater, Koppelsloot / park
- Lage Ring natuurlijk karakter als "vijver/ brede waterloop"

HOVEN

- Retentiebekkens: water vasthouden en geleidelijk afvoeren, ondergronds (middels een leiding) naar de Lage Ring
- via gotenstelsel naar de Retentiebekkens
- kleine hoven functioneren als Retentiebekken min.2500 m2
- geen infiltratie, bekkens kleibodem
- overwegend groen
- inrichting volgens nader te bepalen thema
- afvoer van Retentiebekkens via ondergrondse leiding naar Lage Ring

INRICHTING VAN DE OPENBARE RUIMTE, GROEN EN WATER EN DE WATERMACHINE

In het algemeen vormen water en groen in de verbinding met het omringende landschap, in het bijzonder door de Centrale Plas en de parkstrook. Dit zijn de verbindende ruimten in het plan.

Plas : centrale ligging, afwisselende vorm, harde kades en natuurlijke oevers, talud van plas is 1:5 zowel boven als onder water.

Natuurvriendelijke oevers bij Lage Ring zeer flauw

De afdeling Milieu streeft naar zoveel mogelijk natuurvriendelijke oevers

Oostrand Groote Wielen: natuurlijke Moeraszone

Parkstrook Vlietdijk, hoogbouw in het openbaar groen, informeel en natuurlijk

Waterbuurt, kamvormige landtongen

HOGES RING

- uitgesproken stedelijk element
- vormgeving uniform (herkenbaarheid)
- kunstmatig, duidelijk onderdeel openbare ruimte (straatprofiel of groenvoorziening)
- centraal in ontsluitingsstructuur
- zorgvuldige afwerking
- rekening houden met veiligheid
- peil nader te bepalen (indicatief 4.20 m.+NAP)
- breedte minimaal ca. 2.50, met weinig variatie in breedte hoogte en vormgeving
- diepte ca 0.20 -0.30
- aflopend van west naar oost
- voeding via overstorten -> koppelsloten
- zichtbare overstorten /cascades
- koppelsloten verbinding hoge-> Lage Ring
- afwatering omliggend terrein van Hoge Ring af

KOPPELSLOTEN

- verzamelen hemelwaterafvoer (ook via Retentiebekkens)
- aanvoer via (mol)goten op openbaar en particulier terrein
- permanent watervoerend
- peil zal fluctueren
- moerasachtige natuurlijke waterlopen (in 't Broek)
- op koppen van broeken (koppelsloten) inlaatwerk als bronnen
- bodem koppelsloten bekleed met klei

LAGE RING

- langgerekte moerasstrook
- peil 1.80 m. + NAP
- open, goed zichtbaar, openbaar onbetreedbaar
- in parkstrook wordt Lage Ring deel van het park

Benodigde gegevens

ALGEMEEN

- In hoeverre is het Schetsboek Watersysteem Groote Wielen, HNS, oktober '96, nog bruikbaar?
Idem voor principeprofielen (HNS?) 2/2/ '99
- vast te stellen: toelaatbare hoogteverschillen per woonblok, i.v.m. hoogteverschillen van woonstraat in langsrichting.
- Nemen wij het voortouw op het gebied van het vormgeven en inrichtingsprincipes van de woonstraten of erven, waar de goot een belangrijk onderdeel vormt ?
- kruising watergangen: bruggen / duikers ?
(Lage Ring middels bruggen?)

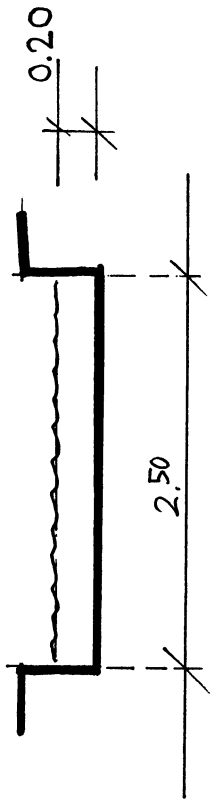
VLIETDIJK

- afvoer regenwater, Koppelsloot / parkachtig gebied erbij betrekken

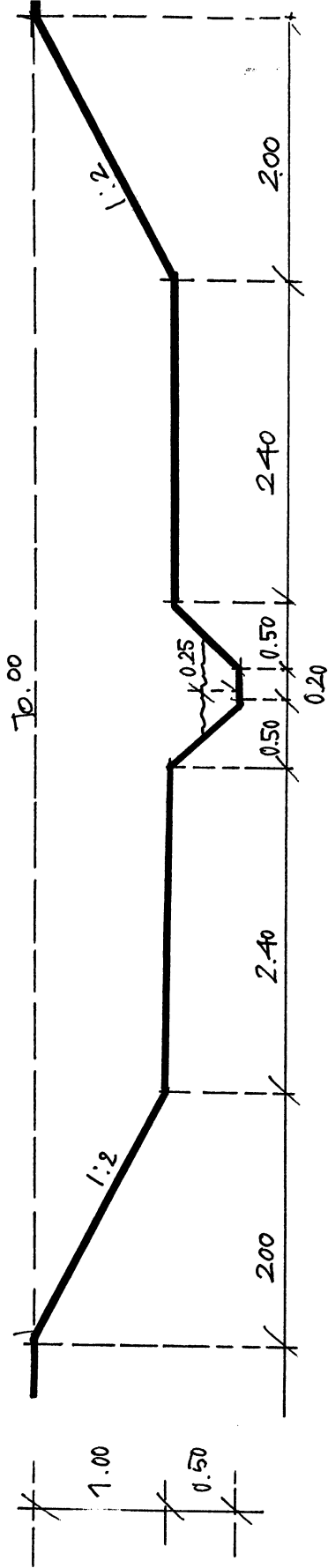
Bijlage 2 Watersysteem



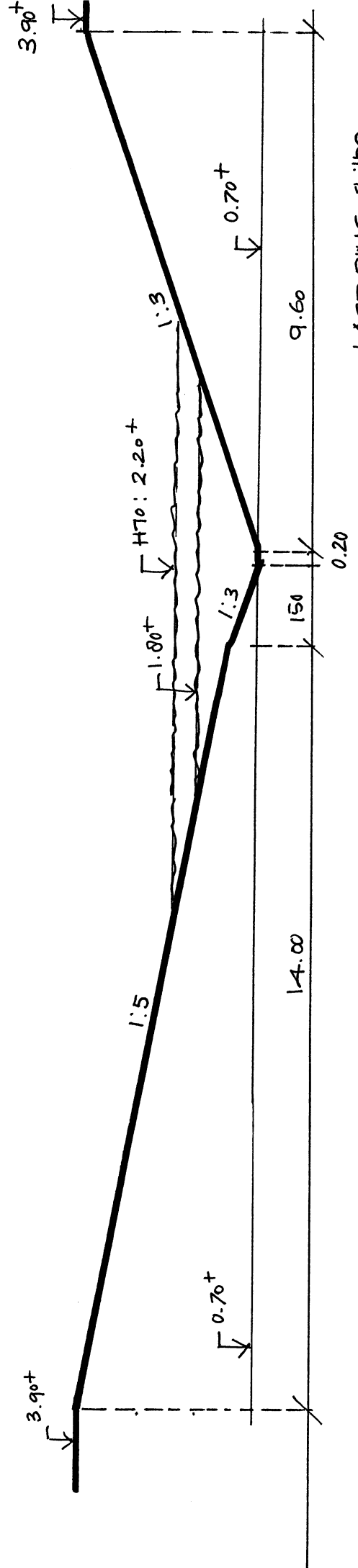
Bijlage 3 Waterkwantiteitsberekeningen



HOGERING 1:50

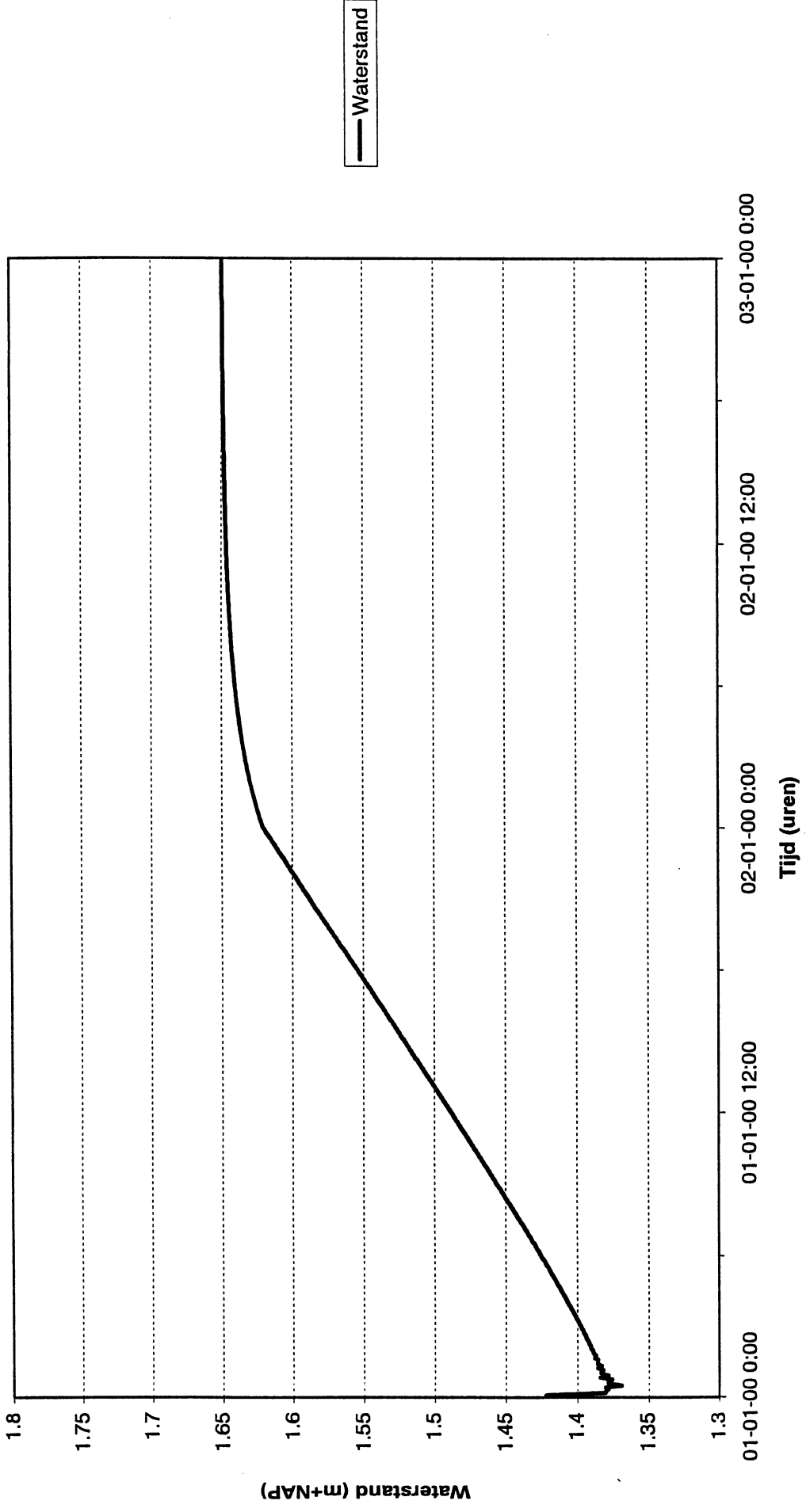


KOPPELSLOOT 1:50

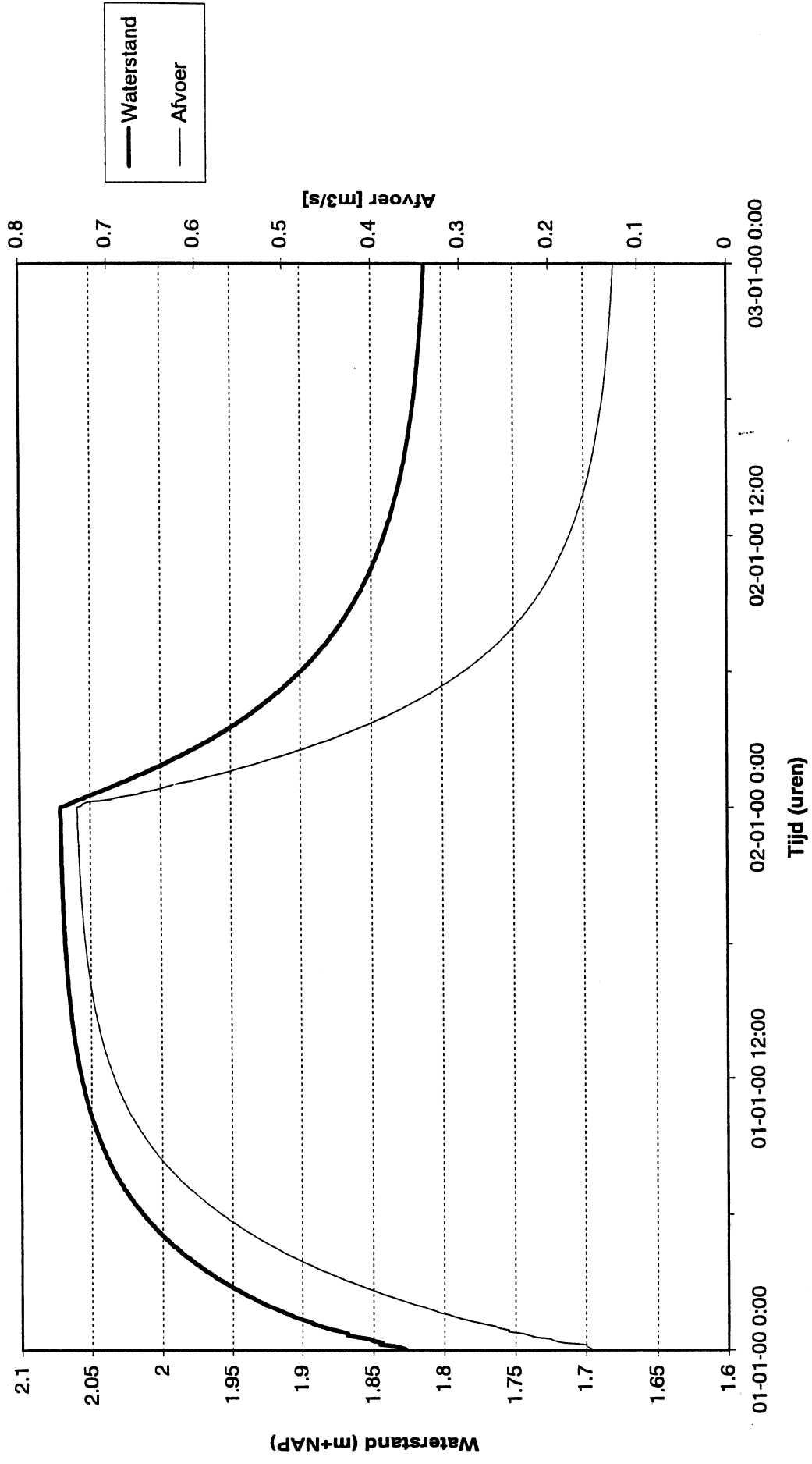


LAGE RING 1:100

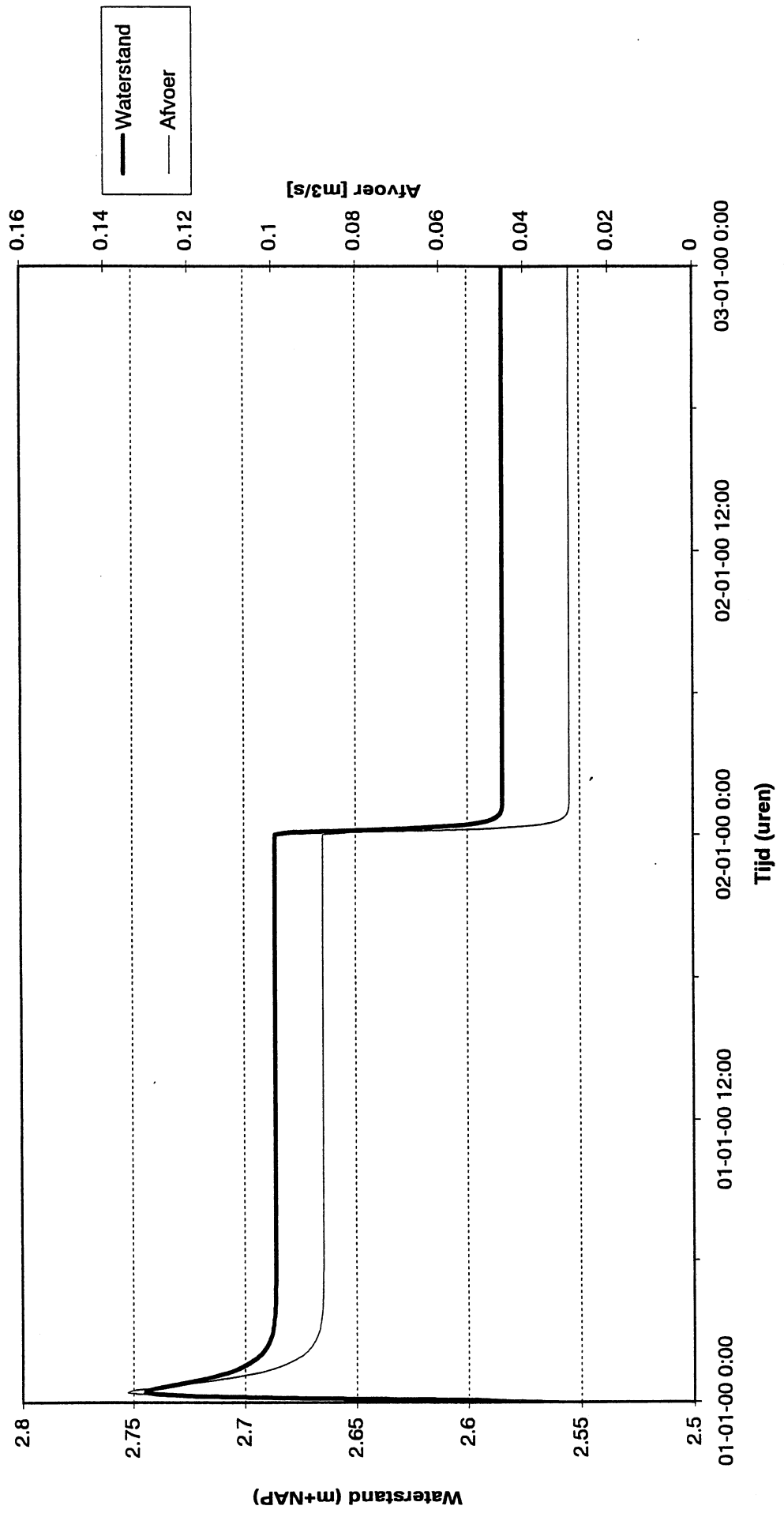
Peilverloop in de Centrale Plas bij een bui met herhalingsstijd van 25 jaar



Peil- en afvoerverloop in de Lage Ring bij een bui met herhalingstijd van 25 jaar



Peil- en afvoerverloop in de Koppelsloot bij een bui met herhalingstijd van 25 jaar

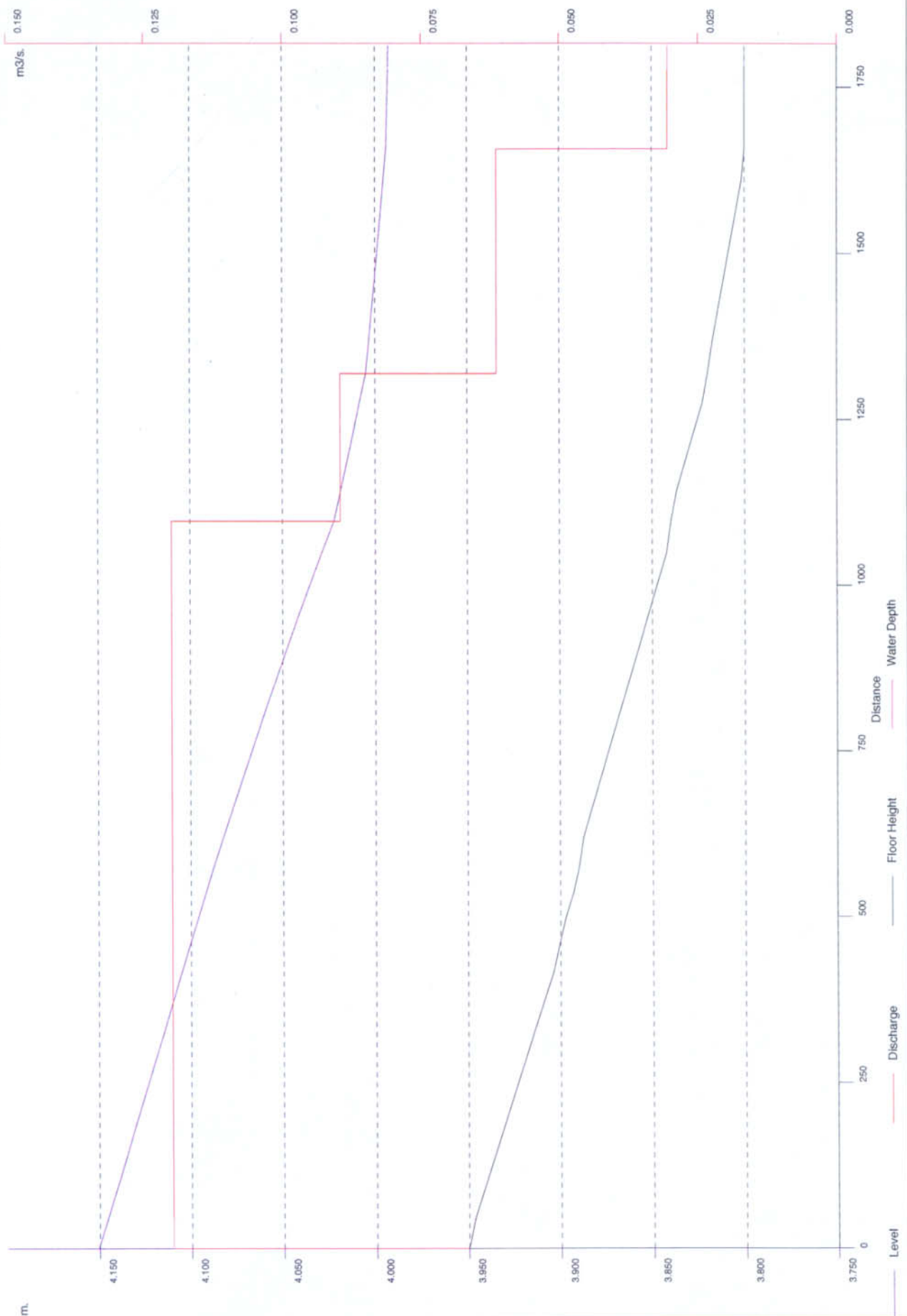


De Grote Wielen

Berekening van de afvoer in de verschillende deelgebieden ten behoeve van de Duflow modellering

afstroming	verhard	60.0 l/s,ha (H10: 28 mm / 80 minuten)	verhard	6.7 l/s,ha (H25: 58 mm / 24 uur)	onverhard	1.0 l/s,ha	H10		H25		H10		H25		
							ha	perc.verhard	perc.onverhard	Invoerpunten	uitmonding kop.	m3/s	ha verhard	ha verhard	m3/s
De Lanen							30.8	60%	40%	3 Lage Ring (noord)	0.370	0.041	0.004	0.374	0.045
Centrum							9.0	70%	30%	1 Moeras	0.378	0.042	0.003	0.381	0.045
De Hoven							37.7	60%	40%	1 Retentiebekkens	1.357	0.152	0.015	1.372	0.167
Vlietijk							14.2	60%	40%	1 Lage Ring (zuid)	0.511	0.057	0.006	0.517	0.063
t Broek							39.9	60%	40%	3 Lage Ring (zuid)	0.479	0.053	0.005	0.484	0.059
Waterbuurt							14.8	40%	60%	1 Centrale Plas	0.355	0.040	0.009	0.364	0.049
Moeras waterbuurt							10.0	100%	0%	1 Moeras	0.600	0.067	0.000	0.600	0.067
Bedrijventerrein							18.0	80%	20%	1 Lage ring (zuid)	0.864	0.096	0.004	0.868	0.100
Centrale plas							54.5	100%	0%	1 Centrale Plas	3.270	0.365	0.000	3.270	0.365

Hoge ring_020m_diep. Hoge ring zuid, Flow



m.

Level

Discharge

Floor Height

Distance

Water Depth

m³/s.

0.150

0.125

0.100

0.075

0.050

0.025

0.000

1750

1500

1250

1000

750

500

250

0

4.150

4.100

4.050

4.000

3.950

3.900

3.850

3.800

3.750

Bijlage 4 Waterkwaliteitsgegevens

Bijlage 4 Waterkwaliteitsgegevens

Tabel 1: Kwaliteit van het grondwater (reine water) pompstation Empel (1998)

Soort stof		EMC mg/l
ortho-fosfaat	o-P	onder detectiegrens
Ammonium	NH ₄	onder detectiegrens
Nitraat	NO ₃	3.0
Chloride	Cl	70
Ijzer	Fe	0.04

Tabel 2: Kwaliteit afstromend water in stedelijke gebieden⁶

Soort stof		N	EMC mg/l	
			gemiddelde	mediaan
Zwevend slib	SS	151	39,5	8,5
COD	COD	219	26,4	15
BOD	BOD	234	3,6	2,5
Totaal P	Tot-P	122	0,13	0,1
Ortho-fosfaat	o-P	198	0,14	0,11
Stikstof vlg. Kjeldahl	Kj-N	222	1,81	1,4
Ammonium	NH ₄	198	0,91	0,8
Nitraat en Nitriet	NO ₃ +NO ₂	60	1	0,85
Chloride	Cl	247	33,9	31
Soort bacterie		N	EMC log(N)	
			gemiddelde	mediaan
Thermo tolerante coli	Therm tol coli	115	4,1	3,5
Streptococci	Streptococci	115	4,4	4,1

⁶ Uit Aalderink, et al. Some characteristics of run-off quality from a separate sewer system in Lelystad, The Netherlands. Proceedings of the 5th International Conference on Storm drainage, Suita, Osaka, Japan, 1990, p 427-433

Tabel 3: De vuiluitworp uit drie typen rioolstelsels⁷

Soort stof		EMC mg/l		
		Gemengd	gescheiden	verbeterd gescheiden
Zwevend slib	SS			
-mineraal	SSmin	30		
-organisch	SSorg	115		
COD	COD	40-75	178	20
BOD	BOD	148-271	2619	235
Totaal P	Tot-P	2-3, 2.7	23	3
Stikstof vlgs Kjeldahl	Kj-N	10-13.5	178	13
org. Stikstof	Norg	4.1		
Ammonium	NH4	5.5		
droogrest		105-320	3684	582

Tabel 4: Kwaliteit Hemelwater

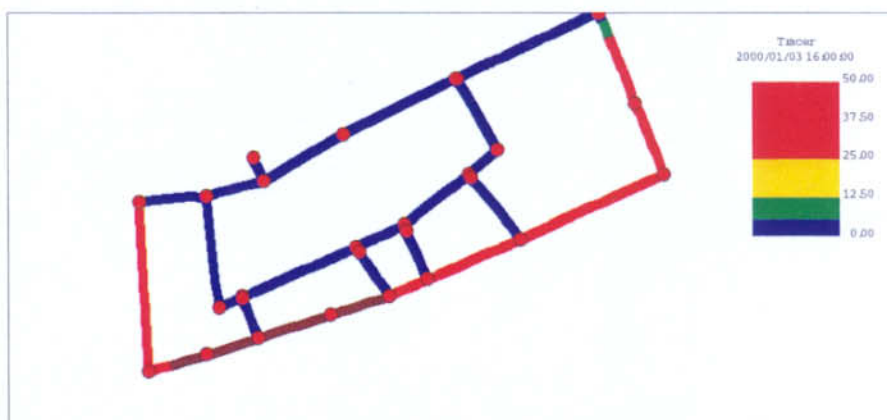
Soort stof		mg/l
Anorganisch fosfaat	a-P	0,006
Ammoniak	NH3	1,4

⁷ Uit Sluis, et al. Eindrapportage en evaluatie van het onderzoek 1982-1989. NWRW-eindrapport, Staatsdrukkerij/DOP, Den Haag, 1989, p 25-27

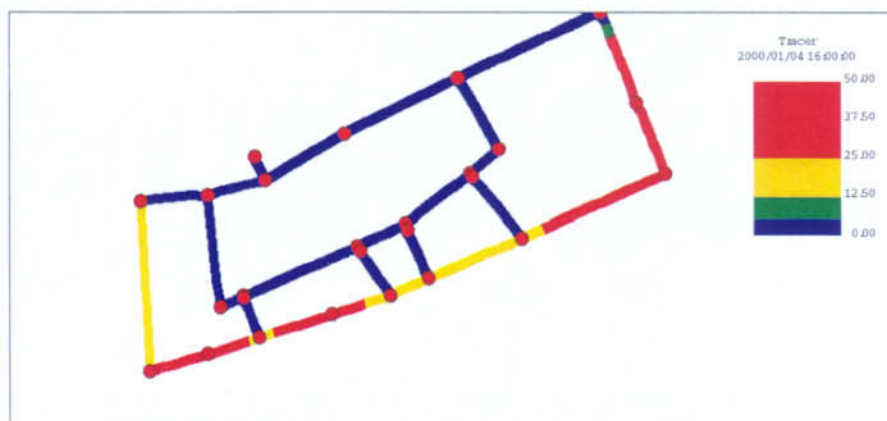
Bijlage 5 Resultaten Waterkwaliteitsmodellering

Bijlage 5 Resultaten Waterkwaliteitsmodellering

Figuur 1: Aandeel overstortwater aan het eind van de overstortgebeurtenis



Figuur 2: Aandeel overstortwater een dag na het einde van de overstortgebeurtenis



Bijlage 6 Gootconstructies

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	DIMENSIONERING VAN CIRKELVORMIGE AFVOERGROOT IN WEGEN																
2	GOOTNUMMER: D (aan te geven door gebruiker)																
3	Gegevens																
4	Omschrijving	grootheid	eenheid	opmerking													
5	- breedte verh. oppervl		m'														
6	- ontwerptintensiteit		l/s.ha														
7	- afvloeiingscoëfficiënt		-														
8	- begindebiet Qin		m3/s														
9	- zijdelings debiet q*	0.000120	m3/s.m'														
10	- einddebiet Quit	0.021	m3/s														
11																	
12	- gootbreedte B		m														
13	- gootdiepte P		m														
14	- gootlengte L		m	max. ca. 100 stappen													
15	- diameter D	2.080	m														
16	- bodemverhang lb		m'														
17	- stapgrootte dx		m'														
18	- ben.str. waterstand		m tov bodem	moet groter dan kritische diepte zijn !!!													
19	- wandruwheid k		mm	afvoerend oppervak per kolk: overschrijding afvoere Subkritisch													
20	- kritische diepte hk	0.0656	m	stromingstoestand:													
21	- evenwichtsdiepte he	0.0760	m														
22	x	hw	hb	H	Q	v	A	R	C	f(x)	dx	h*x+1	A*	R*	C*	f*(x+1)	hx+1
23	m	m	m	m+	m3/s	m/s	m2	m	m ^{1/2} .s	-	m	m	m2	m	m ^{1/2} .s	-	m
24	0.00	0.066	0.000	0.066	0.021	0.65	0.032	0.043	36.333	-0.09732	-0.068	0.073	0.037	0.048	37.067	-0.00342	0.070
25	0.07	0.070	0.000	0.070	0.021	0.60	0.035	0.046	36.722	-0.01055	-0.660	0.077	0.040	0.050	37.454	-0.00036	0.073
26	0.73	0.073	0.003	0.078	0.021	0.55	0.038	0.048	37.109	-0.00279	-2.626	0.081	0.043	0.053	37.841	0.00117	0.076
27	3.35	0.075	0.013	0.089	0.021	0.52	0.039	0.049	37.329	-0.00069	-1.645	0.076	0.040	0.050	37.443	-0.00009	0.076
28	5.00	0.076	0.020	0.096	0.020	0.51	0.040	0.050	37.394	-0.00017	-5.000	0.077	0.040	0.050	37.477	0.00021	0.076
29	10.00	0.076	0.040	0.116	0.020	0.50	0.040	0.050	37.382	0.00024	-5.000	0.075	0.039	0.049	37.257	-0.00033	0.076
30	15.00	0.076	0.060	0.136	0.019	0.48	0.040	0.050	37.403	0.00072	-5.000	0.072	0.037	0.048	37.030	-0.00101	0.077
31	20.00	0.077	0.080	0.157	0.019	0.46	0.040	0.050	37.475	0.00126	-5.000	0.071	0.036	0.046	36.818	-0.00170	0.078
32	25.00	0.078	0.100	0.178	0.018	0.44	0.041	0.051	37.584	0.00176	-4.418	0.070	0.035	0.046	36.775	-0.00119	0.077
33	29.42	0.077	0.118	0.194	0.017	0.43	0.040	0.050	37.459	0.00171	-4.475	0.069	0.034	0.045	36.649	-0.00133	0.076
34	33.89	0.076	0.136	0.211	0.017	0.43	0.040	0.050	37.372	0.00175	-4.332	0.068	0.034	0.045	36.562	-0.00118	0.075
35	38.23	0.075	0.153	0.227	0.016	0.42	0.039	0.049	37.246	0.00171	-4.372	0.067	0.033	0.044	36.436	-0.00129	0.074
36	42.60	0.074	0.170	0.244	0.016	0.42	0.038	0.048	37.152	0.00174	-4.244	0.066	0.032	0.044	36.341	-0.00116	0.072
37	46.84	0.072	0.187	0.260	0.015	0.41	0.037	0.048	37.024	0.00170	-4.265	0.065	0.032	0.043	36.214	-0.00125	0.071
38	51.11	0.071	0.204	0.276	0.015	0.41	0.036	0.047	36.922	0.00172	-4.153	0.064	0.031	0.042	36.111	-0.00115	0.070
39	55.26	0.070	0.221	0.291	0.014	0.41	0.035	0.046	36.793	0.00169	-4.156	0.063	0.030	0.042	35.982	-0.00121	0.069
40	59.42	0.069	0.238	0.307	0.014	0.40	0.035	0.045	36.683	0.00171	-4.059	0.062	0.030	0.041	35.872	-0.00113	0.068
41	63.47	0.068	0.254	0.322	0.013	0.40	0.034	0.045	36.552	0.00168	-4.045	0.061	0.029	0.040	35.740	-0.00117	0.067
42	67.52	0.067	0.270	0.337	0.013	0.39	0.033	0.044	36.433	0.00169	-3.959	0.060	0.028	0.040	35.621	-0.00111	0.066
43	71.48	0.066	0.286	0.352	0.012	0.39	0.032	0.043	36.299	0.00168	-3.931	0.059	0.028	0.039	35.487	-0.00113	0.065
44	75.41	0.065	0.302	0.366	0.012	0.38	0.031	0.043	36.172	0.00168	-3.855	0.058	0.027	0.038	35.360	-0.00108	0.064
45	79.26	0.064	0.317	0.381	0.011	0.38	0.031	0.042	36.033	0.00167	-3.816	0.057	0.026	0.038	35.221	-0.00109	0.063
46	83.08	0.063	0.332	0.395	0.011	0.37	0.030	0.041	35.898	0.00167	-3.745	0.056	0.025	0.037	35.086	-0.00105	0.061
47	86.83	0.061	0.347	0.409	0.011	0.36	0.029	0.040	35.754	0.00166	-3.697	0.055	0.025	0.036	34.941	-0.00105	0.060
48	90.52	0.060	0.362	0.422	0.010	0.36	0.028	0.040	35.611	0.00166	-3.630	0.054	0.024	0.036	34.798	-0.00102	0.059
49	94.15	0.059	0.377	0.436	0.010	0.35	0.027	0.039	35.460	0.00165	-3.576	0.053	0.023	0.035	34.647	-0.00101	0.058
50	97.73	0.058	0.391	0.449	0.009	0.35	0.027	0.038	35.308	0.00165	-3.510	0.052	0.023	0.034	34.495	-0.00098	0.057
51	101.24	0.057	0.405	0.462	0.009	0.34	0.026	0.037	35.150	0.00165	-3.451	0.051	0.022	0.034	34.336	-0.00097	0.056
52	104.69	0.056	0.419	0.474	0.008	0.34	0.025	0.037	34.989	0.00164	-3.385	0.050	0.021	0.033	34.175	-0.00094	0.054
53	108.07	0.054	0.432	0.487	0.008	0.33	0.024	0.036	34.822	0.00164	-3.321	0.049	0.021	0.032	34.008	-0.00092	0.053
54	111.40	0.053	0.446	0.499	0.008	0.33	0.023	0.035	34.651	0.00164	-3.254	0.048	0.020	0.032	33.837	-0.00090	0.052
55	114.65	0.052	0.459	0.511	0.007	0.32	0.023	0.034	34.474	0.00163	-3.187	0.047	0.019	0.031	33.660	-0.00087	0.051
56	117.84	0.051	0.471	0.522	0.007	0.31	0.022	0.033	34.292	0.00163	-3.117	0.046	0.019	0.030	33.478	-0.00085	0.050
57	120.95	0.050	0.484	0.533	0.006	0.31	0.021	0.033	34.104	0.00163	-3.047	0.045	0.018	0.029	33.290	-0.00082	0.048
58	124.00	0.048	0.496	0.544	0.006	0.30	0.020	0.032	33.910	0.00163	-2.975	0.044	0.017	0.029	33.095	-0.00079	0.047
59	126.97	0.047	0.508	0.555	0.006	0.29	0.020	0.031	33.710	0.00162	-2.901	0.042	0.017	0.028	32.895	-0.00077	0.046
60	129.88	0.046	0.520	0.565	0.005	0.29	0.019	0.030	33.503	0.00162	-2.826	0.041	0.016	0.027	32.687	-0.00074	0.045
61	132.70	0.045	0.531	0.575	0.005	0.28	0.018	0.029	33.288	0.00162	-2.749	0.040	0.015	0.027	32.472	-0.00070	0.043
62	135.45	0.043	0.542	0.585	0.005	0.28	0.017	0.029	33.066	0.00162	-2.670	0.039	0.015	0.026	32.250	-0.00067	0.042
63	138.12	0.042	0.552	0.595	0.004	0.27	0.017	0.028	32.835	0.00163	-2.590	0.038	0.014	0.025	32.019	-0.00063	0.041
64	140.71	0.041	0.563	0.604	0.004	0.26	0.016	0.027	32.595	0.00163	-2.507	0.037	0.013	0.024	31.779	-0.00060	0.040
65	143.22	0.040	0.573	0.612	0.004	0.25	0.015	0.026	32.346	0.00163	-2.423	0.036	0.013	0.024	31.529	-0.00056	0.038
66	145.64	0.038	0.583	0.621	0.004	0.25	0.014	0.025	32.087	0.00164	-2.337	0.034	0.012	0.023	31.270	-0.00052	0.037
67	147.98	0.037	0.592	0.629	0.003	0.24	0.014	0.024	31.817	0.00164	-2.249	0.033	0.012	0.022	31.000	-0.00047	0.036
68	150.23	0.036	0.601	0.636	0.003	0.23	0.013	0.024	31.535	0.00165	-2.159	0.032	0.011	0.021	30.718	-0.00042	0.034
69	152.39	0.034	0.610	0.644	0.003	0.22	0.012	0.023	31.241	0.00166	-2.067	0.031	0.010	0.020	30.423	-0.00037	0.033
70	154.45	0.033	0.618	0.651	0.002	0.22	0.011	0.022	30.933	0.00167	-1.973	0.030	0.010	0.020	30.115	-0.00031	0.032
71	156.43	0.032	0.626	0.657	0.002	0.21	0.011	0.021	30.611	0.00168	-1.877	0.028	0.009	0.019	29.793	-0.00025	0.030
72	158.30	0.030	0.633	0.663	0.002	0.20	0.010	0.020	30.274	0.00170	-1.779	0.027	0.009	0.018	29.455	-0.00018	0.029
73	160.08	0.029	0.640	0.669	0.002	0.19	0.009	0.019	29.919	0.00172	-1.680	0.026	0.008	0.017	29.101	-0.00011	0.028
74	161.76	0.028	0.647	0.675	0.002	0.18	0.009	0.018	29.547	0.00175	-1.578	0.025	0.007	0.016	28.728	-0.00003	0.026
75	163.34	0.026	0.653	0.680	0.001	0.17	0.008	0.017	29.155	0.00178	-1.475	0.024	0.007	0.016	28.336	0.00006	0.025
76	164.81	0.025	0.659	0.684	0.001	0.16	0.007	0.016	28.742	0.00181	-1.371	0.02					

Enkele voorbeelden m.b.t. gootconstructies

- **Vraag:** een straat is 150 m lang, verhardingsbreedte totaal 7 m. De weg bevat tweezijdig woningen met gemiddeld 80 m^2 verhard oppervlak per woning. De woningen hebben een onderlinge afstand van 20 m. Welke goot wordt toegepast?
Antwoord: in totaal heeft deze straat $150 \times 7 + 80 \times 5 \times 2 = 1.850 \text{ m}^2$ verhard oppervlak. Aan het einde van de straat moet één goot worden toegepast van type C, of twee goten van het type B (aan het begin van de straat kan worden gestart met één of twee goten typen A).
- **Vraag:** dezelfde straat, maar een voorliggende straat met 1.400 m^2 verhard oppervlak “loost” nu een hoeveelheid in deze straat. Welke goot wordt toegepast?
Antwoord: in totaal heeft deze straat $1.850 + 1.400 \text{ m}^2 = 3.250 \text{ m}^2$ verhard oppervlak. Aan het begin van de straat moet tenminste worden begonnen met één goot type C of twee goten type B. Aan het einde van de straat moet één goot worden toegepast van type D, of twee goten van het type C.
- **Vraag:** een stedelijk gebied van 3,9 hectare moet lozen op de Koppelsloot. Welke goten zijn nodig ter plaatse van de uitstroom in de Koppelsloot?
Antwoord: stel: het gebied is voor 50% verhard (daken, wegen, paden e.d.). Er is dus een toestromend verhard oppervlak van 1,95 ha, ofwel 19.500 m^2 . Hiervoor zijn tenminste 2 goten nodig, bijvoorbeeld één goot type F en één goot type D. Ook kan worden gedacht aan een evenredige verdeling over drie goten type E. In feite zijn talloze combinaties mogelijk, als de gezamenlijke capaciteit maar gelijk aan of groter is dan 19.500 m^2 .

Bijlage 7 MTR-normen Vierde Nota Waterhuishouding

NUTRIENTEN & EUTROFIERINGSPARAMETERS	OPPERVLAKTEWATER			Sediment		Grondwater	
	achtergrond concentratie Noordzee	landelijke streefwaarde	MTR	landelijke streefwaarde	MTR - sed	landelijke streefwaarde	MTR
tot-fosfaat (mg P/l)	0,02 (w)	0,05 (z)	0,15 (z)	-	-	0.4/3(z/kv)	-
tot-stikstof (mg N/l)	0,15 (w)	1 (z)	2,2 (z)	-	-	-	-
nitraat (mg N/l)	-	-	-	-	-	5.6	11.3
ammoniak (mg N/l)	-	-	0.02	-	-	-	-
ammoniumverbindingen	-	-	-	-	-	2.0/10 (z/kv)	-
chlorofyl-a (ug/l)	-	-	100 (z)	-	-	-	-
ALGEMENE PARAMETERS	achtergrond concentratie Noordzee	landelijke streefwaarde	MTR	achtergrond concentratie Noordzee	streefwaarde	MTR	
kleur, geur, schuim, vast afval, troebeling		niet zichtbaar of ruikbaar verontreinigd					
temperatuur (C)	-	-	25				
zuurstof (mg/l)	-	-	5				
zuurgraad (pH)	-	-	6.5 - 9				
doorzicht (z,meter)	-	-	0.4				
BACTERIOLOGISCHE PARAMETERS							
thermotolerante coli's (80 perc. , MPN/ml)	-	-	20				
enterovirussen / fagen	-	-	afwezig in 10 l				

Bijlage 8 Normen voor de zwemwaterkwaliteit

Uit: Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren, Wet Verontreiniging Oppervlaktewater

Parameter	Norm		Verwijzingen naar opmerkingen
Zuurgraad	pH	6,5=pH=9,0	*1
Doorzicht	meter	=1,0	*1 *4
Thermotolerante bacteriën van de coli-groep	aantal/ml	=3 de mediaan-waarde van de uitkomsten van het onderzoek	
Kleur	-	Een niet anders dan door natuurlijke omstandigheden veroorzaakte kleur	
Geur	-	Afwezigheid van rottingsgeuren of andere geuren die algemeen als hinderlijk worden ervaren. In het bijzonder de geur van fenolen	
Schuim	-	Een niet anders dan door natuurlijke omstandigheden veroorzaakte hoeveelheid schuim	
Olie	-	Geen zichtbare hoeveelheid olie op het wateroppervlak	
Vuil	-	Afwezigheid in en op het water en op de bodem van afvalstoffen en dode organische materie in aanmerkelijke hoeveelheid	
Faecale streptococci	aantal/ml	=3 de mediaan-waarde van de uitkomsten van het onderzoek	
Salmonellae	-	Niet aantoonbaar in 100 ml	*2
Entero-virussen	-	Niet aantoonbaar in 1 liter	
Met waterdamp vluchtige fenolen	mg/l- C ₆ H ₅ OH	=10	
Minerale olie		=200	
Oppervlakte-actieve stoffen die reageren met methyleenblauw		=200	
Zuurstof		=5	*1
Organochloor- en fosforpesticiden			*3
Metalen en cyaniden	-	-	-

*1 Overschrijding van de norm als gevolg van de natuurlijke gesteldheid van de bodem en de invloed daarvan op hete water worden niet beschouwd als overschrijding

*2 Indien er aanwijzingen zijn dat de waterkwaliteit ten aanzien van een parameter niet aan de norm voldoet, dient onderzoek plaats te vinden ten aanzien van die parameter

*3 Indien verslechtering van de waterkwaliteit wordt vermoed ten aanzien van deze parameters, dient ter zake onderzoek plaats te vinden

*4 Indien niet bekend is door welke oorzaak de norm wordt overschreden, dient het onderzoek plaats te vinden ten aanzien van de parameters: algenbiomassa, organisch gebonden stikstof, ammonium, nitraat en fosfaat

Bijlage 9 Retentiebekken

BEREKENING AFMETINGEN RETENTIEVIJVERS BIJ STEDELIJKE AFVOER

opdrachtgever:	bruto oppervlakte	22.4	ha
project:	verhard oppervlak	22.4	ha
projectnummer:	onverhard oppervlak	0.0	ha
projectonderdeel:	landelijke afvoer winter	1.00	l/(s.ha)
uitgangspunten voor de berekening	landelijke afvoer zomer	100%	
	toelaatbare lozing	1.75	l/(s.ha)
	totaal lozingsdebiet	39	l/s
berekenen van benodigde wateroppervlakte of de te verwachten peilstijging? (o/p)			o

		toelichting:	
rioolberging	mm	0.0	
straatberging + b.b.b.	mm	0.0	
berging totaal	mm	0.0	
overcap. rioolgemaal	mm/h	0.00	
verhard oppervlak	ha	22.4	

		zomer	winter
grondwater van onverharde oppervlakte + kwel	l/s --->	-	-
maximale lozings overcapaciteit op de waterloop	l/s --->	39	39
maximale lozings overcapaciteit op de waterloop	l/(s.ha) -->	1.8	1.8
lozingsdebiet + overcap. rioolgemaal	l/(s.ha) -->	1.8	1.8
toelaatbare peilstijging in de retentievijver (inclusief neerslag in de vijver)	m1 --->	0.60	0.60

gemiddelde afvoer in % van de maximale lozingscapaciteit

100%

60% voor knijpduiker

berekening zomersituatie

100% voor gemaal

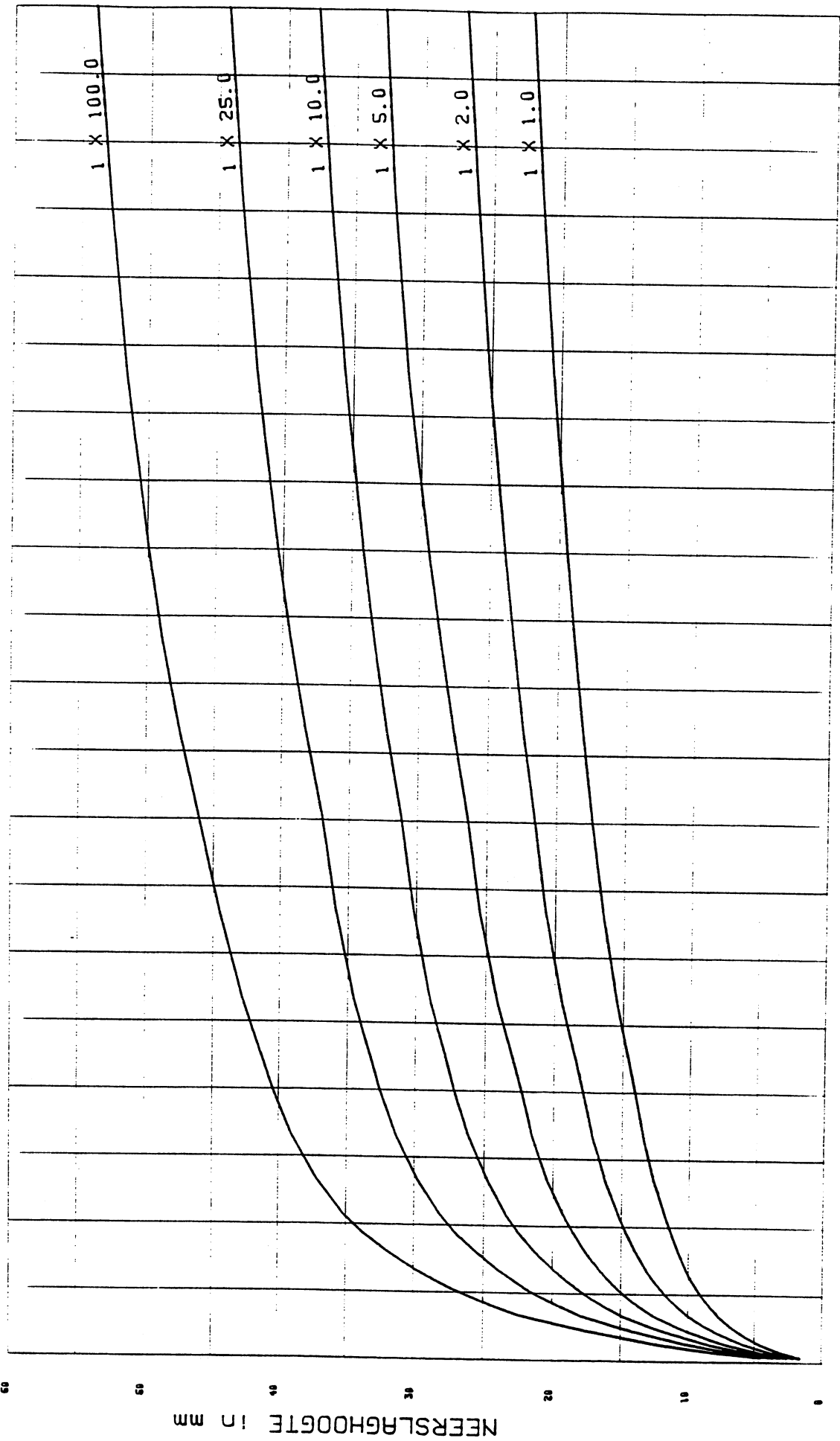
overschrijdingsfrequentie (jaren)		1	2	5	10	25
maatgevende bui	l/s	6.4	6.7	7.3	8.2	7.9
buiduur	minuten	720	840	960	960	1,200
bui-inhoud / totale neerslag	mm	27.7	33.9	41.8	47.5	57.2
begin overstort na	minuten	0	0	0	0	0
overstortduur *)	minuten	720	840	960	960	1200
overstortdebiet	l/s	144	151	162	185	178
gemiddelde lozing	l/s	39	39	39	39	39
te bergen hoeveelheid	m3	4507	5613	7099	8375	9981
(over verhard opperv)	mm	20.1	25.1	31.7	37.4	44.6
benodigde oppervlakte	m2	7773.14	9762.93	12491.97	14886.05	17971.70
ledigingstijd vijver	minuten	1985	2493	3190	3801	4589
ledigingstijd vijver	uur	33.1	41.5	53.2	63.3	76.5

berekening wintersituatie

overschrijdingsfrequentie jaren		1	2	5	10	25
maatgevende bui is	l/s	3.7	4.4	5.3	6.0	6.4
buiduur	minuten	840	840	840	840	960
bui-inhoud / totale neerslag	mm	18.7	22.1	26.7	30.4	36.6
begin overstort na	minuten	0	0	0	0	0
overstortduur *)	minuten	840	840	840	840	960
overstortdebiet	l/s	83	98	119	135	142
gemiddelde lozing	l/s	39	39	39	39	39
te bergen hoeveelheid	m3	2211	2972	4002	4830	5935
(over verhard opperv)	mm	9.9	13.3	17.9	21.6	26.5
benodigde oppervlakte	m2	3746.94	5065.56	6874.09	8349.65	10349.40
ledigingstijd vijver	minuten	957	1293	1755	2132	2643
ledigingstijd vijver	uur	15.9	21.6	29.3	35.5	44.0

(Gehanteerde regenduurlijnen volgens Buishand en Velds)

*) De overstortduur is gebaseerd op het bakmodel. De bui is geschematiseerd tot een lineaire neerslag- en afvoerintensiteit.



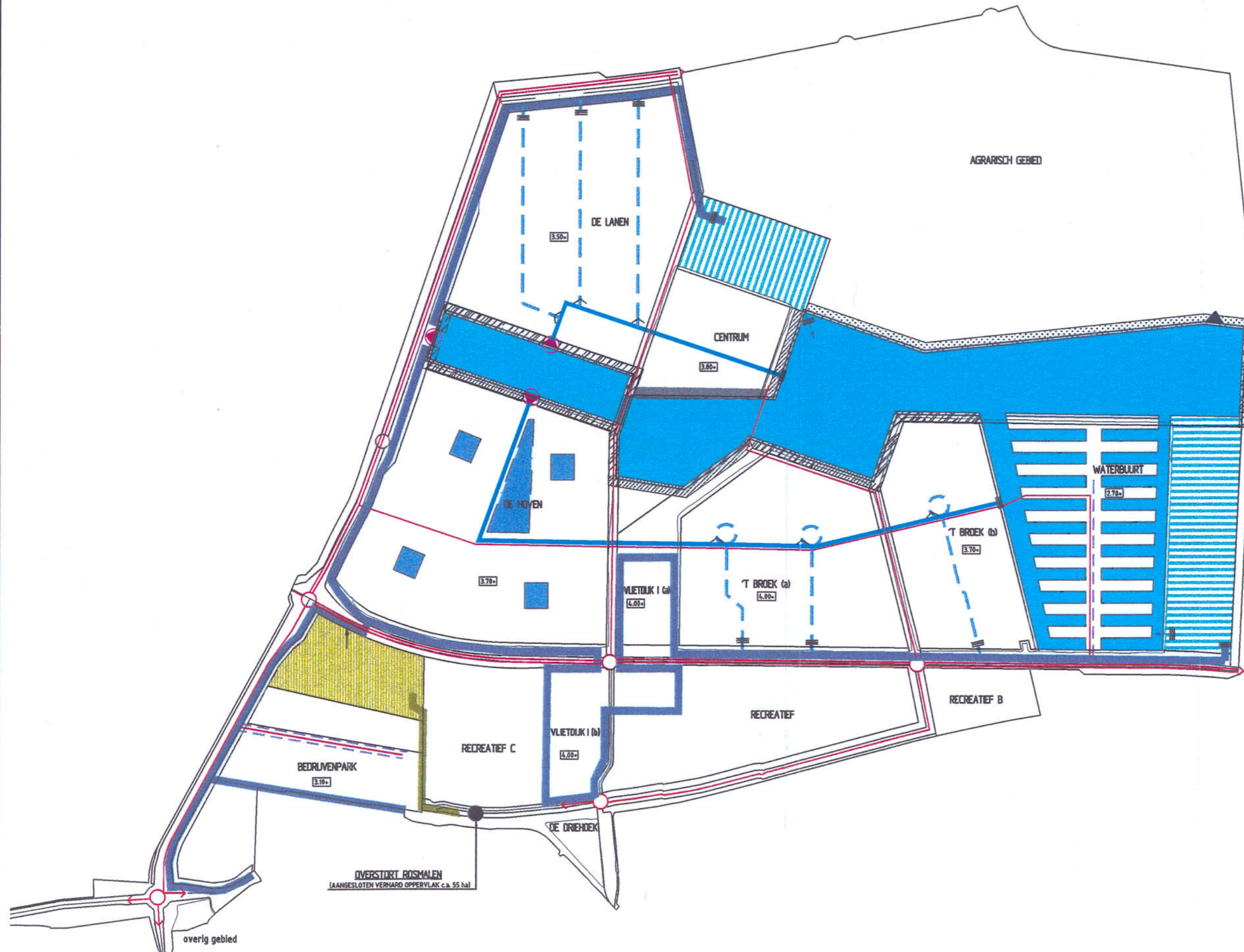
0. 15. 30. 45. 60. 75. 90. 105. 120. 135. 150. 165. 180. 195. 210. 225. 240. 255. 270. 285. 300.

TIJD IN MINUTEN


















NEERSLAGHOEVEELHEDEN per TIJD (basisperiode : zomerhalfjaar)

HERHALINGSTIJD 1 X 1.0, 1 X 2.0, 1 X 5.0, 1 X 10.0, 1 X 25.0, 1 X 100.0 JAAR

Bijlage 10 Overzichtstekening



VERKLARING :

-  - hoofdwegenstructuur
-  - hoge ring
-  - lage ring
-  - koppelsloot
-  - afvoergreppel
-  - retentiebekken
-  - opvoergemaal
-  - uitlaatconstructie
-  - stuw / cascade
-  - inlaat
-  - helofytenfilter
-  - moeraszone
-  - toekomstige min. aanleghoogte t.p.v. wegen t.o.v. NAP
-  - oever agrarisch gebied
-  - plasberm met riet/waterplanten
-  - rietoever
-  - harde oever